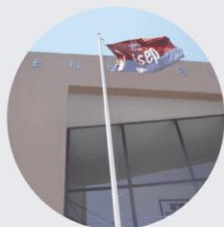


Análise Energética e Estudo de Modificações para Melhorar o Desempenho Energético do Edifício PDF do IPP

RUBEN MIGUEL AIRES MENDES

junho de 2017



Análise Energética e Estudo de Modificações para Melhorar o Desempenho Energético Do Edifício PDF do IPP

RUBEN MIGUEL AIRES MENDES

Junho de 2017

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina
de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de
Computadores

Ruben Miguel Aires Mendes, Nº 1140011, 1140011@isep.ipp.pt

Orientação científica: Prof. Doutor António Andrade, ata@isep.ipp.pt



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Automação e Sistemas

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

27 de junho de 2017

Dedicatória

“Se por amor às florestas um homem caminha por elas metade do dia, corre o risco de ser considerado um vagabundo. Mas se usa seu tempo para especular, ceifando a mata e tornando a terra careca antes do que deveria, ele é visto como um cidadão industrioso e empreendedor”

Henry David Thoreau

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Doutor António Andrade, pelo incentivo, apoio, dedicação e contribuição para a realização deste trabalho.

À Dra. Natália Guimarães responsável pelo Edifício PDF (Porto Design Factory) que se disponibilizou diversas vezes para as minhas visitas de trabalho de campo no PDF.

Ao Engenheiro Barrote Dias responsável dos serviços de Apoio Técnico, que se possibilitou com ajuda do consumo energético do PDF.

Aos colegas do curso pela amizade e companheirismo.

Este trabalho não estaria completo sem uma palavra de reconhecido agradecimento a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, o tornaram possível.

Resumo

A presente dissertação pretende analisar e demonstrar através de um caso de estudo, o impacto dos edifícios no consumo de energia. E assim demonstrar como a utilização de equipamentos energeticamente eficientes e a implementação de sistemas fotovoltaicos para a produção de energia elétrica, permitem reduzir a dependência energética do exterior, reduzir as emissões de CO₂, contribuir para o desenvolvimento sustentável, reduzir os custos energéticos dos consumidores e ao mesmo tempo aumentar o conforto nos edifícios.

Apesar da grande maioria das empresas já terem entendido a importância e as vantagens da eficiência energética, ainda são poucas as que têm implementado planos e estratégias para melhoria do seu desempenho ambiental e energético.

É neste contexto que surge esta dissertação, com o objetivo principal de realizar uma avaliação energética a um edifício, para que assim seja possível compreender a necessidade de alterar a forma de encarar a energia.

O caso de estudo foi efetuado para o edifício PDF localizado no campus do ISEP. Através de uma auditoria energética foi possível verificar e recolher informação sobre vários problemas e fatores que originam os elevados consumos de energia. A primeira etapa da dissertação passou pela caracterização do edifício e os seus consumos, determinando as suas necessidades anuais de energia.

Assim pretendeu-se reunir informação de forma a compreender quais as principais áreas de atuação e as medidas que devem ser implementadas. Desta forma foram investigados e propostas várias soluções para os diferentes tipos de problemas e anomalias. Com a desagregação dos consumos de energia elétrica verificou-se que a iluminação e climatização são os principais consumidores de energia.

Foi ainda desenvolvido um projeto de automação para o edifício com o objetivo de aumentar o conforto dos utilizadores e diminuir os desperdícios de energia, com a monitorização dos espaços e o aproveitamento da iluminação natural.

No projeto do sistema fotovoltaico para produção de energia em autoconsumo, foram projetadas todas as fases, assim como a especificação de materiais, de forma a garantir que a veracidade dos dados de produção de energia, sendo ainda efetuada a simulação de produção ao longo dos diferentes meses do ano e de 25 anos com uma queda de 1% ao ano.

Para viabilizar as soluções apresentadas foi efetuado uma análise económica para calcular o retorno do investimento necessário, para as diferentes soluções propostas, servindo assim de apoio para uma futura decisão.

Com este trabalho, pretende-se sensibilizar a população sobre as questões práticas associadas ao correto dimensionamento de soluções que contribuam para a eficiência energética dos edifícios, em linha com a recente imposição legislativa pela União Europeia, em que todos os edifícios novos até ao final de 2020 devem enquadrar-se neste conceito.

Palavras-Chave - Energias Renováveis, Sistemas Fotovoltaicos, Eficiência Energética, Auto Sustentabilidade, Auditoria Energética, Autoconsumo, Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade social e ambiental.

Abstract

The present dissertation intends to analyze and demonstrate, through a case study, the impact of buildings on energy consumption. And this way shows how the use of efficient equipment's and the implementation of photovoltaic systems for the production of electricity, allows to reduce the energy dependency of the outer, reduce CO2 emissions, contribute to sustainable development, reduce the energy costs of consumers and at the same time increasing comfort in buildings.

Although the vast majority of companies have already understood the importance and advantages of energy efficiency, there are still few that have implemented plans and strategies to improve their environmental and energy performance.

It is in this context that this dissertation arises, with the main objective of carrying out an energy evaluation of a building, so that it is possible to understand the need to change the way of facing energy.

The case study was carried out for the PDF building located in the ISEP fields. Through an energy audit it was possible to check and collect information on various problems and factors that lead to high energy consumption. The first stage of the dissertation went through the characterization of the building and your consumption, determining your annual energy needs.

Thus, it was intended to gather information in order to understand the main areas of action and the measures that should be implemented. In this way, several solutions were investigated and proposed for the different types of problems and anomalies. With the disaggregation of the consumption of electric energy it was verified that the lighting and HAVAC are the main consumers of energy.

An automation project was also developed for the building with the objective of increasing user comfort and reducing energy waste, with the monitoring of spaces and the use of natural lighting.

In the design of the photovoltaic system for the production of energy in self-consumption, all the phases were projected, as well as the specification of materials, in order to guarantee that the veracity of the data of energy production, being still carried out the simulation of production throughout the different Months of the year and 25 years with a drop of 1% per year.

In order to make feasible the solutions presented, an economic analysis was carried out to calculate the return on investment needed for the different solutions proposed, thus serving as support for a future decision.

With this work intends to raise the public's awareness of the practical issues associated with the correct design of solutions that contribute to the energy efficiency of buildings,

in line with the recent legislative imposition by the European Union, in which all new buildings by the end of 2020 should fit into this concept.

Keywords - Renewable Energies, Photovoltaic Systems, Energy Efficiency, Self-Sustainability, Energy Audit, Self-Consumption, Sustainable Development and Social and Environmental Responsibility.

Índice

Dedicatória	I
Agradecimentos.....	III
Resumo	V
Abstract	VII
Índice	IX
Índice de Figuras.....	XIII
Índice de Tabelas	XV
Acrónimos.....	XVII
1 Introdução	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Organização do Relatório.....	3
2 Energias Renováveis.....	5
2.1 Energia Solar	6
2.2 Sistema Fotovoltaico.....	6
2.2.1 Microprodução	7
2.2.2 Autoconsumo	8
2.2.3 Módulos Fotovoltaicos	13
2.2.4 Inversores	16
2.2.5 Baterias	16
2.2.6 Construção Integrada com Sistemas Fotovoltaicos	17
3 Eficiência Energética	19
3.1 Auditoria Energética	20
3.2 Certificação Energética	22
3.3 Iluminação.....	23
3.3.1 Iluminação no Trabalho.....	24
3.3.2 Iluminância	25
3.3.3 Eficiência Luminosa	27
3.3.4 Automatismos para a Iluminação.....	28

3.4	AVAC	29
3.4.1	Temperatura Ideal	30
3.4.2	Renovação do ar	31
3.4.3	Automatismos na Climatização	34
4	Caso de Estudo	35
4.1	Enquadramento	35
4.2	Apresentação do Edifício	36
4.3	Auditoria	37
4.3.1	Identificação dos Consumos de Energia.....	38
4.3.2	Desagregação e Caraterização dos Consumos de Energia	40
4.3.3	Iluminação	41
4.3.4	AVAC	55
4.3.5	Outros Equipamentos.....	65
4.4	Automação.....	66
4.4.1	Descrição do Sistema.....	67
4.4.1	Lista de Pontos.....	73
4.4.2	Especificação Técnica de Equipamentos	78
4.4.3	Mapa de Quantidades e Orçamento	81
4.5	Discussão dos Resultados	85
4.6	Projeto de um Sistema Fotovoltaico.....	85
4.6.1	Análise do Local	86
4.6.2	Trajectoria Solar	87
4.6.3	Cálculo de Elevação	89
4.6.4	Espaçamento de Fileiras	91
4.6.5	Organização dos Módulos (Layout)	94
4.6.6	Equipamentos.....	94
4.6.7	Cálculo das Strings	96
4.6.8	Simulação de Produção	98
4.7	Mapa de Quantidades e Orçamento	100
4.8	Discussão dos Resultados	101
4.9	Parque Solar de Carregamento Auto.....	103
5	Conclusão	107
5.1	Considerações Futuras.....	109

5.2	Considerações Finais.....	109
	Referências	111
	Anexos	119

Índice de Figuras

Figura 1 Central Solar Fotovoltaica [3]	7
Figura 2 Sistema híbrido de produção de energia local [11]	10
Figura 3 Autoconsumo com injeção na rede [10]	11
Figura 4 Autoconsumo sem injeção na rede [10]	11
Figura 5 Autoconsumo sem acumulação [18]	12
Figura 6 Autoconsumo com acumulação [18]	13
Figura 7 Curva da potência por radiação solar [13]	13
Figura 8 Curva da corrente em relação à temperatura ambiente [2]	14
Figura 9 Células de silício monocristalino [98]	15
Figura 10 Célula de silício policristalino [15]	16
Figura 11 arquitetura moderna com produção de energia solar [17]	18
Figura 12 Solar Roof Tesla [18]	18
Figura 13 Classes de eficiência energética [21]	22
Figura 14 Pontos de iluminação [22]	24
Figura 15 Iluminância com a altitude [23]	25
Figura 16 Eficiência [26]	28
Figura 17 Uso não racional dos equipamentos de climatização [30]	30
Figura 18 Curva da performance em relação da temperatura [33]	31
Figura 19 Recuperador HRV [35]	34
Figura 20 Curva de set-point [36]	34
Figura 21 Edifício Porto Design Factory [37]	36
Figura 22 Curva do consumo de energia PDF	40
Figura 23 Luminárias fluorescentes tubular	41
Figura 24 Interruptor de controlo de iluminação	42
Figura 25 Luminárias fluorescentes compactas	42
Figura 26 Luminárias em fita de led	43
Figura 27 Iluminação do Auditório	43
Figura 28 Iluminação do bar	44
Figura 29 Projetores exteriores	44
Figura 30 Estores interiores	45
Figura 31 Desagregação das Luminárias existentes no edifício	48
Figura 32 Densidade de luminárias	49
Figura 33 Repartição das áreas de consumo de energia	55
Figura 34 Arquitetura do sistema VRF [52]	56
Figura 35 Unidade exterior do sistema de climatização VRV	56
Figura 36 Unidade interior do sistema de climatização VRV	57
Figura 37 Termostato de controlo da climatização	58
Figura 38 Unidade de climatização da sala de redes informáticas	58

Figura 39 Funcionamento de um Recuperador de calor Entálpico [57]	59
Figura 40 HRV - Heat Reclaim Ventilation	60
Figura 41 Quadro de controlo do sistema HRV	61
Figura 42 UV - Unidade de ventilação	62
Figura 43 RoofTop do Auditório	63
Figura 44 Iluminação de Emergência	65
Figura 45 Controlo de iluminação com e sem luz natural [62]	68
Figura 46 Controlo de presença	69
Figura 47 Controlo de intensidade luminosa	69
Figura 48 Controlo da climatização [55]	70
Figura 49 Comunicações com o sistema VRF [63]	71
Figura 50 Comparação do sistemas de protaçoão solar [64]	72
Figura 51 Radiação direta e ofuscamento	72
Figura 52 Arquitetura de comunicação da tecnologia Vive da Lutron [69]	78
Figura 53 Arquitetura do sistema wireless da Lutron [70]	79
Figura 54 Pulsosres Lutron [71]	80
Figura 55 Atuador Lutron	80
Figura 56 Sensores Lutron	80
Figura 57 Controlador de climatização.....	81
Figura 58 Estores Lutron [74]	81
Figura 59 Relação da poupança de energia [77]	83
Figura 60 Poupança de energia [79]	83
Figura 61 Arquitetura paisagística do edifício	87
Figura 62 Trajetória solar.....	88
Figura 63 Azimute dos módulos	89
Figura 64 Configurações para ângulo ótimo de elevação	90
Figura 65 Ângulo ótimo de elevação	90
Figura 66 Base do da estrutura de um módulo fotovoltaico	91
Figura 67 Sombreamento entre fileiras [82]	92
Figura 68 Bypass de díodos [83]	92
Figura 69 Espeçamento entre fileiras.....	93
Figura 70 Organização dos módulos sobre o edifício.....	94
Figura 71 Arranjo das Strings.....	97
Figura 72 Resultados do SunnyDesign.....	98
Figura 73 Curva da produção de energia	100
Figura 74 Relação Consumo/Produção	101
Figura 75 Parque solar para carregadores EV [89]	104
Figura 76 Configuração do Parque Solar	106
Figura 77 Carregadores EV sem cobertura [90]	106

Índice de Tabelas

Tabela 1 Baterias para aplicação em sistemas solares.....	17
Tabela 2 Intervalos de iluminância recomendada	26
Tabela 3 Intensidade iluminosa nos locais de trabalho	27
Tabela 4 Taxa de renovação de ar novo	33
Tabela 5 Contabilização do gasto energético.....	39
Tabela 6 Luminárias do Piso 0	46
Tabela 7 Luminárias do piso 1	47
Tabela 8 Luminárias do piso 2	48
Tabela 9 Estudo Luminoso piso 0	50
Tabela 10 Estudo luminoso piso 1	51
Tabela 11 Estudo luminoso piso 2	51
Tabela 12 Luminárias propostas.....	54
Tabela 13 Equipamentos de climatização	63
Tabela 14 Pontos de automação do piso 0	74
Tabela 15 Pontos de automação do piso 1	75
Tabela 16 Pontos de automação do piso 1 (continuação)	76
Tabela 17 Pontos de automação do piso 2	77
Tabela 18 Equipamentos de automação propostos.....	82
Tabela 19 Equipamentos de Proteção solar propostos.....	84
Tabela 20 Posição solar	93
Tabela 21 Lista de módulos	95
Tabela 22 Lista de Inversores	95
Tabela 23 Simulação de produção mensal e anual	99
Tabela 24 Mapa de quantidades, solução solar	101
Tabela 25 Relação Consumo/Produção.....	102
Tabela 26 Balanço do investimento	103
Tabela 27 Simulação de produção do parque EV	105

Acrónimos

AQS - Água Quente Sanitária

AVAC - Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado

CE - Comunidade Europeia

CEE - Comunidade Económica Europeia

CIE - *Comission Internationale de l'Eclairage*

CO₂ - Dióxido de Carbono

COP - *Coefficient of Performance*

CTS - Condições de temperatura Standard

DALI- *Digital Addressable Lighting Interface*

DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia

EE - Eficiência Energética

EER - *Energy Efficiency Ratio*

EIB - *European Installation Bus*

FER - Fontes de Energias Renováveis

FV - Fotovoltaico

GEE - Gases com Efeito de Estufa

IEE - índice de eficiência energética

IRC - Índice de Reprodução de Cor

ISO - International Organization for Standardization

LED - *Light Emitting Diode*

OLC - Controlador da Luminária Exterior

PACQAI - Plano de Ações Corretivas da Qualidade do Ar Interior

PDF - Porto Design Factory

PIB - Produto Interno Bruto

PRI - Período de Recuperação do Investimento

QAI - Qualidade do Ar Interior

RCCTE - Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios

SCE - Sistema de Certificação Energética

SERUP - Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção

UE - União Europeia

UPP - Unidade de pequena produção

UPS - *Uninterruptible Power Supply*

UTA - Unidade de Tratamento de Ar

UTAN - Unidade de Tratamento de Ar Novo

UTV - Unidade de Termo ventilação

VAL - Valor Atual Líquido

VAV - Volume de Ar Variável

VEVs - Variadores Eletrónicos de Velocidade

1 Introdução

1.1 *Contextualização*

Embora ainda recente a preocupação e interesse nas cidades inteligentes, estas ainda agora começam a dar os primeiros passos, todos querem criar e viver em cidades, edifícios inteligentes, mas o entendimento do conceito “Inteligente” está muito pobre e necessita ser redefinido. Pois existe uma grande confusão com “Cidades Digitais”. Uma cidade não se torna inteligente, sem a mudança de comportamento dos seus cidadãos. Não é possível tornar uma cidade inteligente apenas com tecnologia, preenchendo a cidade de automatismos, sensores, Wi-Fi gratuito. É necessário existir um interesse e respeito pela natureza, atos como não deitar lixo no chão, fazer a reciclagem, desligar a luz quando não é necessário, fechar as portas quando o aquecimento está ligado, são aspetos cruciais para poder existir alguma “inteligência”. É necessário que estes dois aspetos funcionem juntos, considerando o desenvolvimento de um ecossistema inteligente por forma à sustentabilidade do planeta.

A eficiência energética apresenta-se como sendo essencial para a redução do consumo em todos os setores de atividade. Com a Revolução Urbana a população nas cidades

aumentou drasticamente, o que não era esperado é que o crescimento dos edifícios duplicasse face ao crescimento da população [1]. Existe um slogan engraçado que diz “Tanta gente sem casa, tanta casa sem gente!” o verdadeiro autor é desconhecido, mas como se sabe quanto mais a zona geográfica é desenvolvida, mais este cenário se verifica.

Dados da Comissão Europeia expõe que os edifícios são responsáveis por cerca de 40% do consumo total de energia e 36% das emissões de CO₂ na Europa. O indevido comportamento dos utilizadores aliado ao desconhecimento do consumo dos diversos equipamentos, são fatores impeditivos para a redução do consumo energético [2].

Pela importância que os edifícios têm na utilização de energia, a avaliação do seu desempenho energético é de grande relevância, uma vez que a concretização das metas europeias definidas para 2020, concerne na diminuição da utilização de energia. É necessário encontrar soluções integradas de arquitetura e engenharia capazes de chegar à sustentabilidade dos edifícios.

1.2 *Objetivos*

Esta dissertação teve como objetivo o estudo da sustentabilidade energética dos edifícios e dar a perceção para a importância da preservação do planeta. No setor dos edifícios, com maior relevância nos edifícios de serviços, existe uma grande quantidade de energia consumida e grande parte dela em perdas desnecessárias. Para estes problemas serão projetadas algumas soluções. Para isso é efetuada uma auditoria em conjunto com um plano de ações corretivas assim como a projeção de algumas soluções para uma eficiência energética mais eficiente, é também projetado uma solução fotovoltaica para produção de energia local no Edifício Factory do Instituto Politécnico do Porto, com o intuito criar e demonstrar como é possível em qualquer edifício convencional reduzir o consumo de energia ou até mesmo torna-lo autossustentável. No seguimento do dimensionamento é apresentado o estudo de viabilidade económica com o objetivo de demonstrar-se a sua implementação é uma mais-valia.

Uma eficaz gestão de energia, tanto no sector industrial como no sector dos edifícios, requer o conhecimento de onde, quando e como se consome energia. Para isso é necessário que haja uma maior vigilância e atenção. Deste modo, espera-se conseguir, através da análise da auditoria, caracterizar, identificar e expor algumas das ações e medidas de melhoria que poderão ser implementadas ao nível da utilização da energia nas empresas e a minimização dos impactos no meio ambiente.

1.3 *Organização do Relatório*

Esta dissertação está dividida pelos seguintes conteúdos:

Na primeira parte, correspondente à introdução, é feita a contextualização do problema encontrado e são expostos os objetivos da presente dissertação de modo a resolver o mesmo. Efetua-se ainda um breve resumo dos capítulos de modo a compreender a organização do relatório.

Na segunda parte, são abordados conceitos fundamentais para a compreensão de recursos renováveis, com especial ênfase no Solar, abordando fatores importantes como a radiação, equipamentos, perdas, dimensionamento do sistema.

Na terceira parte, são abordados vários aspetos essenciais para a melhoria da eficiência energética e a legislação.

Na quarta parte é apresentado um caso prático, onde tem como objetivo a análise de soluções para tornar o Edifício PDF mais eficiente e “amigo” do ambiente, sem abdicar de conforto. Para isso, é realizado um levantamento energético, uma análise do consumo e a partir daí um estudo visando encontrar soluções mais eficientes, com especial domínio na iluminação e climatização e no final um projeto de um sistema fotovoltaico em autoconsumo.

Na quinta e última parte, correspondente à apresentação e discussão dos resultados, são apresentadas considerações finais do estudo e as conclusões, procurando dar-se destaque aos resultados com maior significado, tendo em vista os objetivos do estudo.

2 Energias Renováveis

Por mais que se desenvolva a tecnologia e os sistemas sejam mais eficientes, a energia é sempre necessária, e para a produzir é fundamental pensar nos métodos de produção. Utilizar energia fóssil que além de não ser renovável, emite gases com efeito de estufa que está a destruir o planeta não é a melhor solução, pois é importante proteger o meio ambiente não só para a geração atual, mas também para as gerações futuras. A produção de energia utilizando energias renováveis é o caminho certo.

A exploração local das energias renováveis contribui para reduzir a necessidade de importação de energia, ou seja, atenua a dependência energética relativamente aos países produtores de petróleo e gás natural, poupando dinheiro ao País e evitando a emissão de gases com efeito de estufa.

As principais vantagens resultantes da sua utilização consistem no facto de não serem poluentes e poderem ser também exploradas localmente.

Portugal pode-se considerar privilegiado quanto à sua localização geográfica com uma elevada radiação solar e ao facto de apresentar uma elevada quantidade de horas de

exposição solar, verificando uma grande capacidade de produzir energia elétrica assim como o aquecimento de águas quentes.

2.1 *Energia Solar*

Nos últimos anos, tem-se verificado um crescente interesse da sociedade à proteção ambiente, poupança dos recursos energéticos e procura de novos recursos alternativos, não poluentes como a energia solar.

Esta energia é uma das poucas em que é possível ser explorada em pequena dimensão e com um investimento mais reduzido, como para habitações ou edifícios, esta exploração pode ser para fins de aquecimento térmico, águas quentes sanitárias, ou produção de energia elétrica.

Portugal em relação a outros países da Europa é dos que tem mais horas de sol por ano, entre 2200 a 3000 horas, logo tem mais radiação para poder ser transformada em energia. Seria de esperar que fosse um dos maiores produtores de energia solar, no entanto existem apenas cerca de 220 000 m² de painéis solares instalados em Portugal, o que é pouco comparando com outros países como a Grécia, com 2,6 milhões m², com uma radiação solar e população equivalente.

A energia solar além de inesgotável, à escala humana, permite obter uma energia limpa, gratuita e sem trabalho ou custos relevantes de manutenção. É dos sistemas de produção de energia mais acessíveis monetariamente ao consumidor.

O uso de energia solar tem especial relevância em zonas sem ligação à rede. Locais remotos como acontece muito em países africanos, pois é comum haver povos isolados e o investimento para criar uma infraestrutura de transporte de energia é bastante dispendiosa. Então os sistemas fotovoltaicos são uma solução perfeita, ainda para mais tendo um nível de radiação solar elevado. Esta solução também é frequente em sistemas de bombagem, iluminação pública isolada, retransmissores, sistemas de depuração de águas e dessalinização, telefones SOS, etc.

2.2 *Sistema Fotovoltaico*

O sistema fotovoltaico permite transformar a irradiação solar em energia elétrica de uma forma autónoma e limpa. As células fotovoltaicas produzem a energia em corrente contínua que é transformada por meio de inversores em corrente alternada. Desta forma pode ser utilizada igualmente como a energia da rede.

A evolução da tecnologia e o aumento de fabricantes tem tornado estes sistemas cada vez mais eficientes e a um custo mais reduzido, assim como o fato do custo da energia elétrica da rede ter vindo a subir gradualmente, coloca a tecnologia numa posição mais atrativa e viável economicamente.

Zonas de latitude mais alta como Finlândia, Islândia, Nova Zelândia sofrem quedas de produção durante o período de Inverno devido as horas de radiação serem inferiores. Locais com frequente cobertura de nuvens como Curitiba e Londres tendem a ter oscilações de produção diária dependendo do nível nebulosidade. Contudo com a evolução tecnologia é cada vez maior a capacidade de absorver radiação direta e difusa.

Este tipo de sistemas, concretamente os fixos, são praticamente livres de manutenção, à parte da limpeza da superfície dos painéis, para uma melhor absorção de energia. Alguns sistemas permitem monitorizar a produção e enviar alertas automáticos, em caso de uma possível anomalia.



Figura 1 Central Solar Fotovoltaica [3]

2.2.1 *Microprodução*

A microprodução consiste na produção de energia elétrica em pequena escala, captada a partir de recursos renováveis entre os quais a energia solar.

O avanço crescente da produção fotovoltaica permitiu desmitificar o conceito de produção centralizada, possibilitando ao consumidor a oportunidade de produzir energia no local de consumo. O que apresenta vantagens quer a nível económico, tecnológico e ambiental, destacando-se [4]:

- Diminuição de perdas no transporte e distribuição de energia;
- Evitar a sobrecarga ou construção de novas centrais electroprodutoras;
- Menor dependência de combustíveis fósseis;
- Redução da emissão de gases efeito de estufa;
- Fornecimento de energia em locais remotos;

- Benefícios económicos por parte dos produtores;
- Menor risco de interrupção de serviço;
- Usufruir da maturidade tecnológica no sector renovável.

A energia produzida por microproduções representa uma pequena parcela comparativamente com a energia produzida nas centrais electroprodutoras.

No momento do aparecimento da produção de energia de forma distribuída, os investimentos nesta área não possuíam interesse económico comparativamente com a produção de energia eléctrica de forma convencional. Para fortalecer os investimentos na microprodução, as entidades governamentais viram-se obrigadas a tomar medidas de apoio, de modo a tornar estes investimentos economicamente viáveis. Foi então criada legislação e incentivos para aumentar esta forma de produção de energia eléctrica, que consequentemente dá origem à diminuição do preço de aquisição dos produtos com esta tecnologia, devido ao aumento da comercialização da mesma.

A Microprodução começou com o Decreto-lei N.º 363/2007 [5] tendo como base a produção de energia através de fontes renováveis para venda total à rede eléctrica nacional. A microprodução tem como base a atribuição anual de potência por parte da Direção Geral de Energia assim como a tarifa para o kWh produzido, que tem diminuindo ano após ano até atingir um valor inferior à tarifa de compra. A tarifa atribuída depende da tecnologia instalada, tendo a solar o benefício máximo. A microprodução abrange todos os edifícios incluindo serviços e condomínios sendo a potência instalada máxima de ligação fixada em 50% da potência contratada e sujeita a uma medida de eficiência energética do tipo produção de águas quentes sanitárias através de fontes renováveis (painéis solares térmicos, caldeiras a biomassa etc.) Segundo o mesmo Decreto-lei, qualquer contribuinte titular de um contrato de consumo de energia pode-se tornar produtor de energia eléctrica, seguindo alguns passos referidos na página da DGEG [6].

2.2.2 *Autoconsumo*

O autoconsumo fotovoltaico foi regulado em Portugal com o Decreto-lei 153/2014 [7] de 20 de outubro e pelas portarias nº 14/2015 e 15/2015 de 23 de janeiro. Através de Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) e a partir de recursos renováveis, esta é dimensionada de acordo com as necessidades da instalação de consumo [13].

O autoconsumo consiste na utilização do sistema fotovoltaico para produção de energia eléctrica para consumo próprio, com ou sem recurso a equipamentos de acumulação e com ou sem injeção na rede. Em termos práticos, este sistema permite que os consumidores produzam a sua própria energia invés de comprar à rede na sua totalidade.

O autoconsumo fotovoltaico é também uma das formas mais interessantes de reduzir o custo da fatura elétrica, para as instalações que se encontrem ligadas à rede.

Esta implementação surgiu em Portugal como uma solução viável ao nível económico a partir do momento que se atinge a paridade com a rede, ou seja, a energia elétrica produzida por um sistema fotovoltaico fica ao mesmo preço que a energia elétrica comprada à rede elétrica.

A constante subida dos preços de eletricidade, a redução de subsídios e redução dos preços dos equipamentos do setor fotovoltaico faz com que o autoconsumo seja uma boa aposta para o futuro. Especialmente em áreas comerciais e industriais já que o período de maior consumo é favorável com período de maior radiação solar.

Ainda que à primeira vista possa parecer um investimento elevado, se o maior consumo de energia for no horário diurno e o sistema for bem dimensionado, o investimento é recuperado em poucos anos.

2.2.2.1 Sistema Isolado da Rede

O autoconsumo isolado da rede é normalmente utilizado em zonas remotas onde não existe ligação à rede. Dependente da localização geográfica, o autoconsumo torna-se uma solução inevitavelmente viável para o acesso a energia elétrica, sem a necessidade de construir infraestruturas de transporte de rede elétrica, que muitas vezes incorrem a custos elevados, ficando dessa forma inviáveis do ponto de vista económico.

Esta solução consiste em armazenar a energia excedente que não é possível injetar na rede, porque não existe. O armazenamento da energia em equipamentos de acumulação permite fazer face às situações onde a energia produzida não chega para alimentar as cargas, fornecendo a diferença. Noutros períodos, como à noite, garante o fornecimento na sua totalidade, caso o sistema de produção renovável seja exclusivamente constituído por painéis fotovoltaicos. Nestas situações o correto dimensionamento da potência do sistema é um fator crítico.

Neste tipo de implementação o sistema fotovoltaico pode ter outro tipo sistemas de apoio além das baterias. Estes podem ser geradores, eólicas, etc. Formando assim um sistema híbrido. É necessário estudar e prever corretamente o diagrama do consumo de energia para que o investimento não se torne exagerado ou incomportável [8], [9].

No exemplo na Figura 2 é possível verificar uma solução isolada, com apoio de outras soluções, tornando-se desta forma um sistema híbrido auto-suficiente.

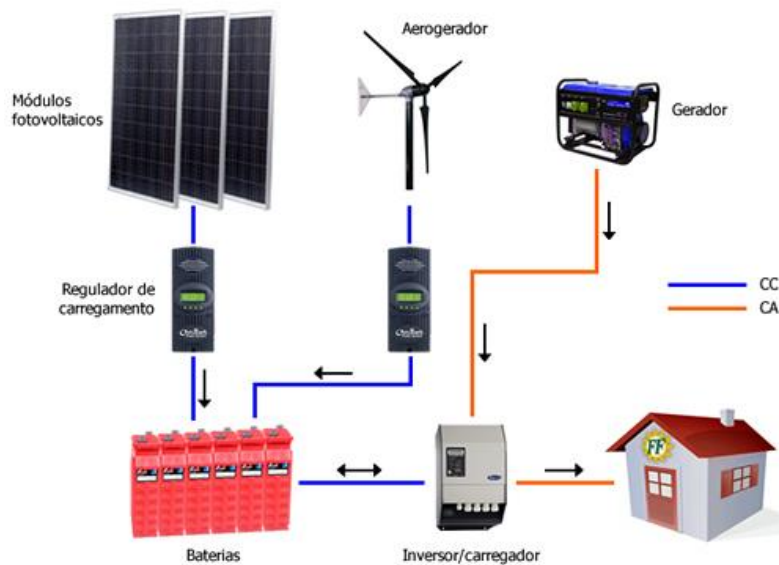


Figura 2 Sistema híbrido de produção de energia local [11]

O sistema híbrido terá a seguinte constituição:

- Módulos Fotovoltaicos;
- Gerador Eólico;
- Combinador de fileiras, caixa de junção (com equipamento de proteção);
- Cablagem (CC);
- Interruptor geral (CC);
- Controladores de Carga;
- Baterias;
- Inversor.

Ainda assim os sistemas isolados podem existir de uma outra forma para além da descrita anteriormente.

2.2.2.2 Autoconsumo ligado à Rede

Os sistemas fotovoltaicos em autoconsumo com ligação à rede têm pontos positivos e negativos quando comparados à solução sem injeção na rede. Segundo o Decreto-Lei nº 153/2014 [7] de 20 de outubro, o produtor tem a possibilidade de injetar o excedente na rede. Se o excedente injetado não ultrapassar o consumo anual da rede, sendo desta forma paga ao preço de mercado, mediante contrato assinado com a entidade. O excedente injetado na rede acima do consumo anual da rede, não é remunerado. Como tal, é importante avaliar se vale a pena injetar o excedente, dado que esta opção implica o pagamento de taxas de registo da instalação, bem como, a instalação de sistemas de telecontagem da energia produzida e injetada, assim como a celebração de um contrato

e seguro de responsabilidade civil. Se o sistema for bem dimensionado, o balanço anual poderá ser nulo, caso o valor do excedente injetado na rede for igual ao valor da energia gasta no período noturno da rede [10], (Figura 3).

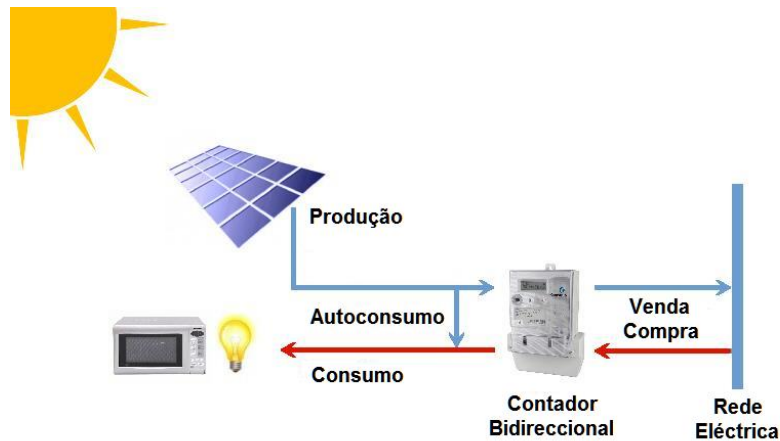


Figura 3 Autoconsumo com injeção na rede [10]

Outra situação possível é o inversor anular o excedente, evitando por isso a injeção na rede e todos os custos inerentes a esta situação. Quando o sistema fotovoltaico não consegue alimentar o consumo instantâneo, a rede assegura a diferença de energia necessária para satisfazer o consumo. Mas o excedente de energia produzida é desperdiçado.

Para evitar que a energia excedente produzida seja injetada na rede, são necessários equipamentos que analisam o fluxo de energia no barramento de entrada da instalação de modo ao inversor só transformar a energia que as cargas da instalação estão a consumir [11], Figura 4.

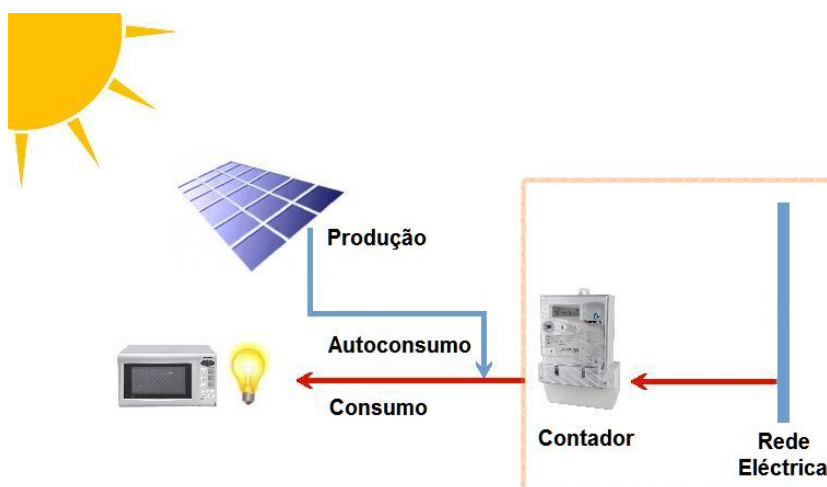


Figura 4 Autoconsumo sem injeção na rede [10]

A energia entregue à rede tem que cumprir requisitos de qualidade e segurança, implicando o dimensionamento adequado e um controlo rigoroso, assim como respeitar as condições evidenciadas no Regulamento Técnico e de Qualidade da Produção Elétrica.

Como se pode ver na Figura 5, entre 9h00 e as 18h00, todo o excedente de energia é injetado na rede elétrica e no restante período do dia, a rede elétrica é responsável pelo fornecimento de energia [12].

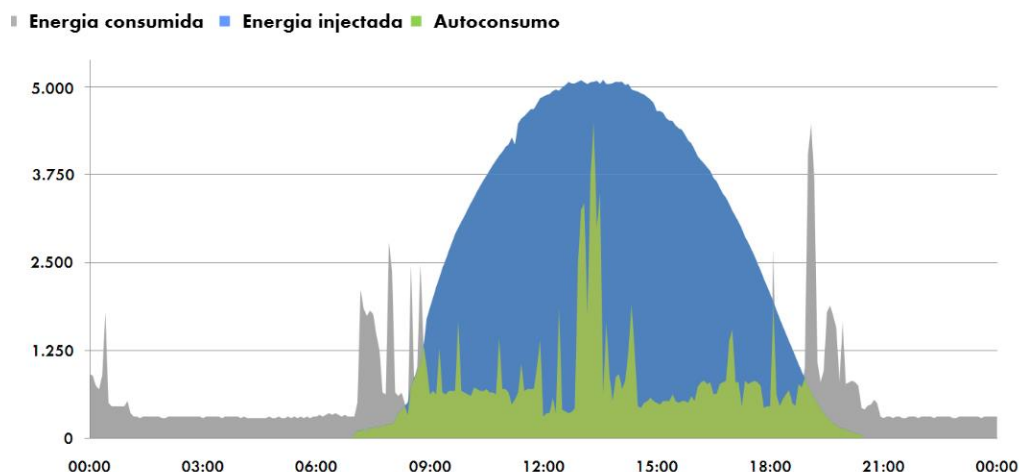


Figura 5 Autoconsumo sem acumulação [18]

Quando o sistema tem armazenamento de energia, as baterias absorvem o excedente, fornecendo-a quando for necessário, aumentando desta forma a taxa de autoconsumo. Como se pode ver na Figura 6, entre as 9h00 e as 18h00, parte da energia excedente no sistema é armazenada nas baterias de acordo com a capacidade das mesmas. Consequentemente, após as 18h00 a energia até aqui armazenada é consumida pelas cargas da instalação até que o limite mínimo da bateria seja alcançado, momento a partir do qual o consumo é colmatado pela rede.

Este tipo de configuração tem a vantagem de maximizar o aproveitamento da energia fotovoltaica e aumentar o consumo eficiente da energia renovável.

Num sistema ideal, toda a energia excedente é armazenada pela bateria, minimizando o investimento, já que o valor unitário (kWh) da energia injetada é inferior ao valor da energia comprada à rede.

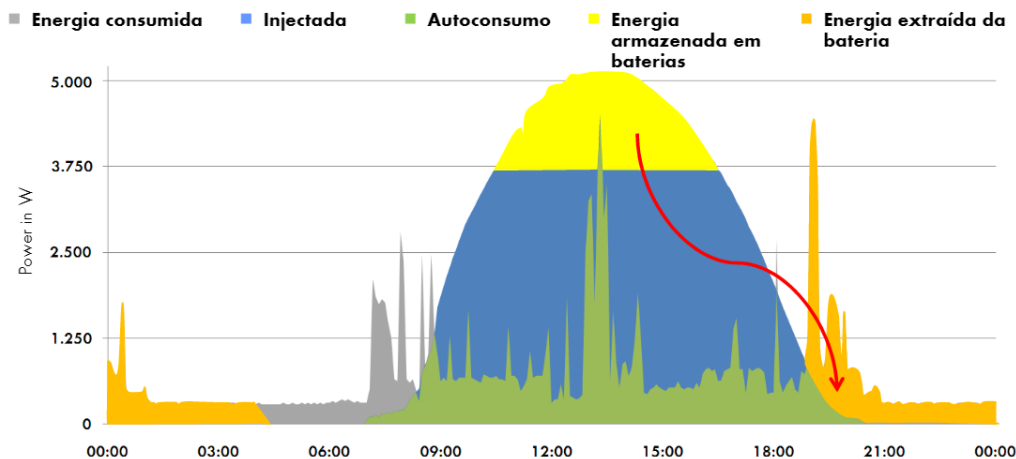


Figura 6 Autoconsumo com acumulação [18]

2.2.3 Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são constituídos normalmente em conjuntos de (36, 60 ou 72) células fotovoltaicas ligadas em série/paralelo que convertem a luz solar em eletricidade DC. Os sistemas fotovoltaicos são constituídos por módulos fotovoltaicos ligados em serie de forma a atingir as tensões de entrada do inversor, constituindo uma fileira. Dependendo da potência pretendida as várias fileiras são ligadas em paralelo.

Os módulos são classificados pela potência de pico máxima que podem gerar energia. Essa potência é verificada em condições de teste e temperatura bem definidos (STC): 25°C de temperatura ambiente e uma radiação incidente de 1000 W/m² obtendo desta forma uma curva característica, como a mostrada na Figura 7.

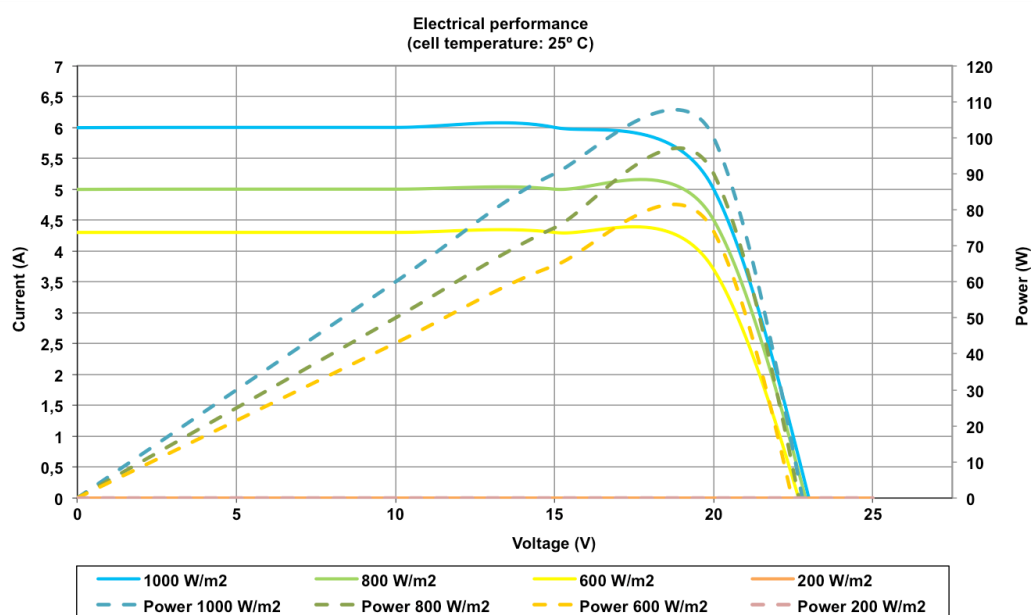


Figura 7 Curva da potência por radiação solar [13]

Os módulos são também caracterizados pelos seguintes parâmetros:

- V_{oc} – Tensão em circuito aberto;
- I_c – corrente em curto-circuito;
- I_n – corrente nominal;
- Tensão nominal.

O aumento da temperatura da célula fotovoltaica provocado pela temperatura ambiente e pelo efeito de geração de energia diminui a potência de saída. Por esse motivo é muito importante que os módulos tenham algum espaço até à base, para poder existir alguma circulação de ar. As zonas com mais movimento de ar podem aumentar significativamente o rendimento dos módulos. A influência da temperatura no desempenho do módulo é visível na Figura 8:

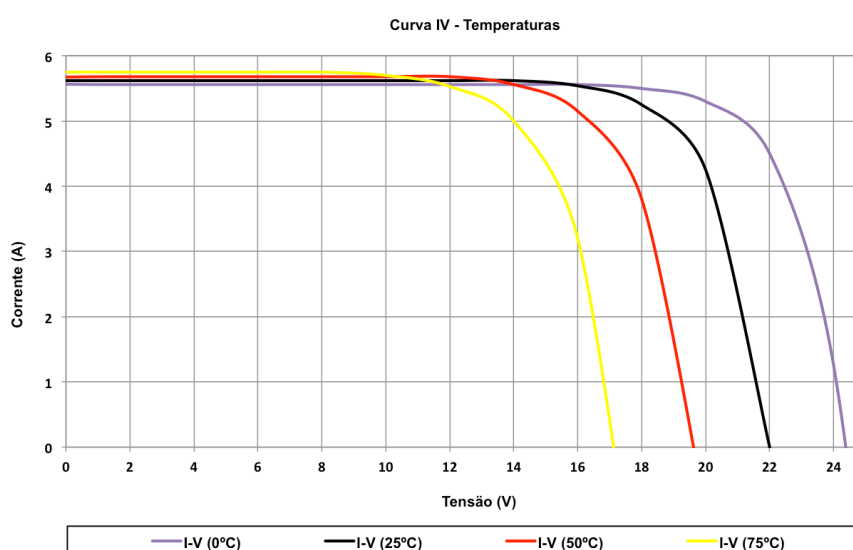


Figura 8 Curva da corrente em relação à temperatura ambiente [2]

Os módulos fotovoltaicos vão perdendo a sua eficiência, em 1 a 2% ao ano da sua produção, ainda assim existem módulos com 35 anos que apenas reduziram 12% do seu rendimento máximo [14].

Atualmente, as células fotovoltaicas apresentam uma eficiência de conversão na ordem de 18%, contudo existem células fotovoltaicas com eficiências até 43%, fabricadas de arsenieto de gálio, mas o seu alto custo limita a produção dessas células solares para o uso da indústria espacial [15].

As células fotovoltaicas podem ser constituídas de silício monocristalino, policristalino, amorfo, arsenieto de gálio (GaAs) entre outras. O tipo de silício tem muita influência na eficiência de produção de energia, mas o custo entre eles também é significativo. Neste contexto são apenas abordadas as células de silício monocristalino e policristalino, por serem as mais comuns para a produção de energia pela sua relação qualidade/preço.

2.2.3.1 *Células de silício Monocristalino*

As células de silício monocristalino (Figura 9) são frequentemente as mais usadas devido a apresentarem maiores coeficientes de eficiência energética, podendo chegar a 24% [15]. Porém, são também das que têm custos de produção mais elevados, o que se reflete no preço final. É necessária uma grande quantidade de energia no seu fabrico, devido à exigência de utilizar materiais em estado muito puro, com uma estrutura de cristal perfeita e cristais de maiores dimensões.

A fabricação da célula de silício começa com a extração do cristal de dióxido de silício. Este material é desoxidado em grandes fornos, purificado e solidificado. Este processo atinge um grau de pureza em 98 e 99%, o que é razoavelmente eficiente sob o ponto de vista energético e de custo.



Figura 9 Células de silício monocristalino [98]

2.2.3.2 *Células de Silício Policristalino*

As células silício policristalino (Figura 10) têm um custo de produção inferior por necessitarem de menos energia no seu fabrico, mas apresentam uma eficiência inferior podendo chegar a 19.9% [15]. Esta redução de rendimento é causada pela imperfeição do cristal, devido ao sistema de fabrico, possuem cristais de menores dimensões.

O processo de pureza do silício utilizada na produção das células de silício policristalino é similar ao processo do silício monocristalino, o que permite obtenção de níveis de eficiência compatíveis. Basicamente, as técnicas de fabricação de células policristalinas são as mesmas na fabricação das células monocristalinas, porém com menores rigores de controlo.



Figura 10 Célula de silício policristalino [16]

2.2.4 *Inversores*

Os inversores têm a finalidade de converter a corrente contínua produzida pelos painéis em corrente alternada com as características dos equipamentos elétricos usados, normalmente: corrente alternada (AC) de tensão 230/400V.

As principais funções são:

- Manter a tensão de saída dentro das margens estabelecidas;
- Limitar a intensidade de saída em caso de sobrecargas para um valor seguro para o próprio inversor;
- Manter a frequência de saída.

Quando se está perante potências elevadas, é usual utilizarem-se vários inversores, fazendo com que a soma da sua potência perfaça a potência total da instalação. Quando é necessário obter um inversor a qualidade/eficiência é um aspeto muito importante a ter em consideração porque os mesmos são alvo de elevadas perdas.

2.2.5 *Baterias*




As baterias são dispositivos de armazenamento de energia, sendo um dos componentes mais importantes nos sistemas isolados. Permitem armazenar os excedentes de produção, disponibilizando-a quando for necessário.

Ainda que a alguns anos atrás as baterias tivessem um custo elevado e um baixo nível de ciclos de carga/descarga, atualmente verifica-se uma grande evolução tecnologia, impulsionada pela urgência de desenvolver baterias de grande capacidade e durabilidade a um preço reduzido, para os carros elétricos.

Empresas como a Tesla aproveitaram o investimento e as suas pesquisas para comercializar também baterias para aplicação em sistemas solares de grande capacidade e eficiência, a preços nunca imaginados.

Na Tabela 1 é possível observar algumas das baterias, que se encontram em comercialização.

Tabela 1 Baterias para aplicação em sistemas solares

Fabricante	 Tesla Powerwall 2	 LG Chem RESU	 Mercedes-Benz	 Freedom Lite
Capacidade:	13,5kWh	10kWh	15kWh	15kWh
Potência de saída:	5kW - 7kW	5 kW	4,6 kW	6 kW
Profundidade de descarga:	100%	90%	80%	85%
ciclo de vida	10 anos	6000-8000	8000 ciclos / 20 anos	7000
Inversor incluído	Sim	Sim	Não	Não
Garantia:	10 anos	10 anos	10 anos	10 anos
Preço [17]	7000,00€	5300,00€	8660,00€	8990,00€

Como é possível observar na Tabela 1, o mercado das baterias tem crescido e alterado bastante o seu paradigma, podendo as baterias descritas serem ligadas até 10, o que faz assim uma capacidade de cerca de 150kWh a um preço relativamente baixo quando comparado a alguns anos atrás.

2.2.6 Construção Integrada com Sistemas Fotovoltaicos

A construção integrada de sistemas fotovoltaicos ou “*Building Integrated Photovoltaic Systems*”, consiste na integração de módulos fotovoltaicos na estrutura do edifício, como em telhados, fachadas etc. Hoje em dia a arquitetura e estética dos edifícios é um dos pontos mais relevantes para os habitantes, desta forma é necessário encontrar soluções fotovoltaicas em que o design seja favorável com a estética dos edifícios, ver Figura 11.

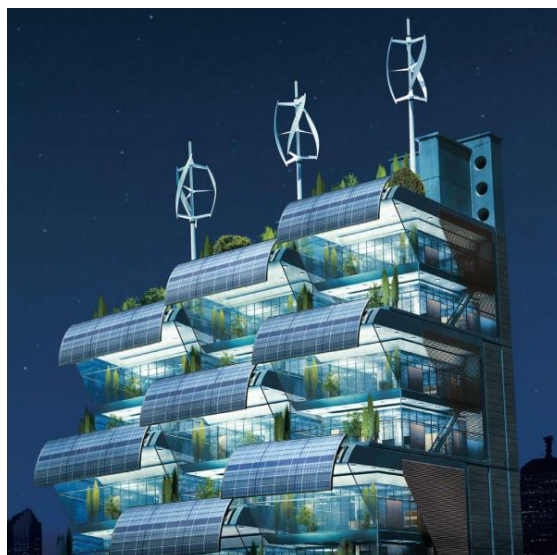


Figura 11 arquitetura moderna com produção de energia solar [18]

Estes sistemas podem ser integrados tanto em edifícios residenciais, como em edifícios comerciais (shoppings, fábricas, escritórios, etc.), combinando diversas funções, nomeadamente a produção local de energia, o isolamento térmico, o design arquitetónico, sombreamento e a proteção solar.

Os preços dos módulos fotovoltaicos hoje em dia estão mais reduzidos e acabam por substituir alguns materiais de construção como telhas, janelas, fachadas etc. Sendo assim abolidas as estruturas de suporte em terrenos, deixa então de ser necessário as estruturas de suporte para a montagem dos módulos, uma vez que estes passam a fazer parte do envelope do edifício.

Uma solução que tem vindo a ganhar território é o sistema Solar Roof da Tesla. A célula fotovoltaica é revestida por um vidro temperado de alta resistência, disponível em diversas cores e texturas, no formato da cobertura convencional (telhas), como ilustrado na Figura 12.



Figura 12 Solar Roof Tesla [19]

3 Eficiência Energética

À medida que a sociedade vai evoluindo maiores são as necessidades energéticas. Daí a necessidade em encontrar soluções e tomar medidas, que aumentem a eficiência energética. Esta consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para a sua realização [20].

Os edifícios, processos industriais e transportes precisam reduzir as necessidades energéticas, tornando-se mais eficientes, sendo essencial para o controlo das emissões globais de gases com efeito de estufa.

A União Europeia assume cada vez mais a redução do consumo de energia e a eliminação do desperdício energético como uma questão determinante para a sua política energética. Em 2007, os países membros da UE assumiram um objetivo para 2020 de reduzir o consumo médio anual de energia em 20%. Portugal traçou ainda metas mais ambiciosas, estabelecendo como objetivo uma redução de 25% [21].

Esta estratégia assenta em cinco pontos de orientação política, e as medidas com maior relevância para a energia, são:

- Agenda para a Competitividade, Crescimento e Independência Energética e Financeira;
- Aposta nas Energias Renováveis;
- Promoção da Eficiência Energética;
- Garantia de Segurança de Abastecimento Energético;
- Promoção da Sustentabilidade da Estratégia.

Pode-se considerar como medidas de poupança de energia que contribuem para uma maior eficiência energética:

- Utilizar um bom dimensionamento de cabo, terminais e uniões na instalação elétrica;
- Isolamento térmico das tubagens de canalização;
- Otimização das condições de funcionamento de equipamentos;
- As paredes e janelas terem um bom isolamento térmico;
- Aproveitamento de combustíveis ou fontes de calor;
- Dimensionamento correto das instalações energéticas;
- Eliminação de fugas nos sistemas de AVAC;
- Instalação de solares térmicos para o sistema de AQS;
- Substituição de motores convencionais por motores de alto rendimento;
- Alteração da opção tarifária;
- Compensação do fator de potência;
- Otimização e controlo da iluminação;
- Melhor aproveitamento das condições de iluminação natural;
- Instalação de sistemas de cogeração.

Através da escolha, aquisição e utilização adequada dos equipamentos, é possível poupar o ambiente e poupar na fatura sem se abdicar de conforto.

3.1 *Auditoria Energética*

Uma auditoria energética é uma inspeção de estudo e análise dos fluxos de energia em um edifício, com o objetivo de compreender a dinâmica da energia (eletricidade, água, gás, vapor e ar comprimido). Normalmente uma auditoria energética serve para encontrar oportunidades para reduzir a quantidade de energia consumida, mantendo e melhorando ao mesmo tempo o conforto térmico, a saúde e a segurança.

As auditorias energéticas no sector Industrial são cada vez mais frequentes desde as últimas décadas. Estas têm permitido reduzir o consumo de energia desperdiçada, e

caso não existissem, os gastos iriam se tornar insustentáveis financeiramente, assim como a deterioração do meio ambiente. Nos diferentes sectores da industrial são utilizados guias de Eficiência Energética, estes têm demonstrado a sua eficiência à escala mundial.

As etapas da auditoria energética são as seguintes:

- Qualificação Energética preliminar;
- Inspeção energética e sectorização de consumos;
- Apresentação de relatório Técnico de execução, que consistem na descrição detalhada das soluções técnicas a implementar e plano de investimentos, diagramas de poupanças e investimento, fichas de aplicação por cada solução apresentada.

O trabalho executado em relatório de auditoria contém informação relevante que permite justificar e sustentar as medidas propostas, incluindo, pelo menos, os seguintes elementos:

- Execução de Simulação Dinâmica detalhada, para determinação do consumo nominal de energia com base nos perfis reais e comparação com a referência regulamentar;
- Qualidade do Ar Interior: avaliação da Qualidade do Ar Interior (QAI) por verificação das concentrações médias e máximas de Dióxido de Carbono;
- Verificação de que os sistemas são mantidos em condições de higiene que garantam a QAI;
- Manutenção: avaliação dos procedimentos de Operação e Gestão e Execução da Manutenção de acordo com o RSECE;
- Verificação da Existência de um Plano de Manutenção Preventiva e correta execução;
- Verificação da acessibilidade aos equipamentos e às portas de visita para inspeção e visita de condutas;
- Verificação da Execução das operações de manutenção, por parte de técnicos credenciados e integrados em empresa com alvará emitido;
- Verificação da realização das inspeções periódicas;
- Caracterização do edifício e das soluções e sistemas originais que serão objeto de intervenção;
- Consumos globais de energia reais do edifício para a situação atual, com base em faturas e/ou medições de energia, sempre que possível, desagregando por tipo de consumo e diferenciando os principais consumidores de energia;
- Identificação e caracterização das oportunidades de melhoria identificadas, elencando-as na forma de medidas de melhoria individuais por análise custo/benefício com quantificação de prazo de retorno de investimento associado;

- Apresentação de especificações técnicas da Instalação de sistemas de produção de energia térmica e elétrica com base em energias renováveis como seja biomassa e radiação solar (coletores solares térmicos e fotovoltaicos);
- Outras medidas que venham a ser consideradas imprescindíveis para a redução de custos e eficiência energética.

Existe a possibilidade de obtenção de financiamentos para comparticipação dos custos de auditoria e/ou de implementação de soluções de Eficiência energética de acordo com os planos existentes.

3.2 *Certificação Energética*

A certificação energética é um mecanismo que tem como finalidade classificar do ponto de vista de eficiência energética o desempenho de um edifício ou fração autónoma, com base nas suas características térmicas. Esta classificação é feita de acordo com os resultados obtidos após uma auditoria energética, seguindo sempre uma escala que varia de A (mais eficiente) a G (menos eficiente), semelhante à escala de alguns eletrodomésticos, facilitando a interpretação dos resultados extraídos dos certificados energéticos (Figura 13).



Figura 13 Classes de eficiência energética [22].

A classe de eficiência energética do edifício é atribuída através da comparação do índice de eficiência energética (IEE) do edifício com a referência definida no RSECE para um edifício com uma utilização similar.

Certificação Energética de Edifícios residenciais

Com a certificação energética pretende-se classificar cada edifício ou fração e informar os proprietários, compradores ou arrendatários, quanto à sua eficiência energética e consumos de energia esperados na sua utilização corrente mediante um certificado energético.

Certificação Energética de Edifícios de serviços

Para além da eficiência energética, pretende-se assegurar aos utentes que o edifício ou fração reúne condições que garantem a adequada qualidade do ar interior. O certificado energético contém essas informações.

A obrigatoriedade da Certificação em todos os imóveis, desde janeiro de 2009, tem como objetivo:

- Permitir aos futuros utilizadores obter informação sobre os potenciais consumos de energia, tendo em conta os padrões de utilização habituais;
- Reduzir a dependência do país de energia importada e consequentemente reduzir o endividamento externo;
- Reduzir as emissões de carbono aumentando a eficiência energética;
- Promover o uso racional de energia e a aplicação de fontes de energia renováveis nos edifícios;
- Aconselhar o consumidor sobre medidas de melhoria para economizar nas habitações;
- Verificar a correta aplicação dos regulamentos técnicos (RCCTE e RSECE);
- Avaliar o desempenho energético e da qualidade do ar interior;
- Propor, quando aplicável, medidas de melhoria na sequência das avaliações de desempenho que realizou;
- Emitir e registar as declarações e/ou certificados que atestem a conformidade regulamentar do edifício e o desempenho energético e da Qualidade do Ar Interior do mesmo, juntamente com eventuais medidas de melhoria propostas;
- Verificar ou realizar inspeções periódicas a caldeiras e a sistemas e equipamentos de ar condicionado, nos termos do RSECE.

3.3 Iluminação

A iluminação é uma das áreas mais importantes quando se fala em eficiência energética, pois é responsável por grande parte do consumo energético, mas também indispensável para a qualidade de vida. No entanto com o grande avanço tecnológico é possível nos dias de hoje encontrar soluções de iluminação com grande eficiência, e quando esta é bem dimensionada, permite fornecer um agradável conforto visual.

A escolha de luminárias de elevada eficiência energética ou a substituição de lâmpadas incandescentes ou de lâmpadas de baixo consumo por LED, são uma das medidas mais fáceis e economicamente viáveis para reduzir o consumo de energia.

Para conseguir uma iluminação mais eficiente deve-se levar em consideração as condições de visibilidade adequada nos espaços de trabalho, para assim facilitarem o desempenho das tarefas e reduzem o cansaço. Contudo muita intensidade luminosa não significa boa iluminação é necessário conhecer alguns efeitos fisiológicos e psicológicos da iluminação no organismo humano de como a luz pode afetar o conforto e o desempenho visual. Uma boa iluminação equivale a requisitos de quantidade e qualidade, devendo necessariamente ser adequada à tarefa, tendo em vista o conforto e a eficiência visual, permitindo que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de forma eficiente e segura, sem causar fadiga visual ou desconforto [23].

3.3.1 Iluminação no Trabalho

A iluminação para locais de trabalho é mais do que fornecer uma boa visualização da tarefa, é essencial que as tarefas sejam realizadas facilmente e com conforto. Desta forma a iluminação deve satisfazer os aspetos quantitativos e qualitativos exigidos. Em geral a iluminação deve assegurar o conforto visual, dando aos trabalhadores uma sensação de bem-estar, desempenho visual, deixando os trabalhadores capacitados a realizar as suas tarefas de forma rápida e precisa, mesmo sob circunstâncias difíceis e durante longos períodos, ao olhar ao redor poder se detetar perigos.

A iluminação pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambas.

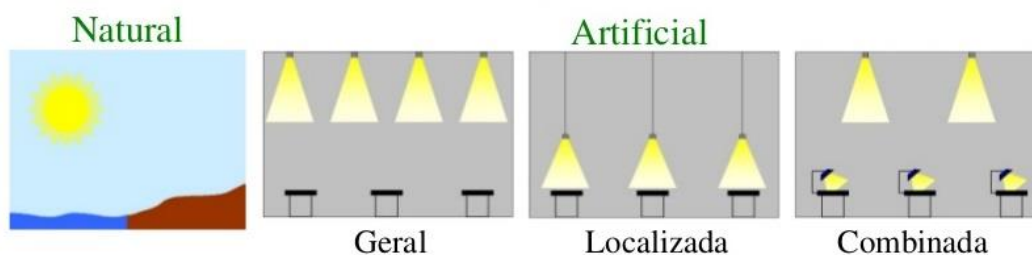


Figura 14 Pontos de iluminação [23]

Contudo é necessário distinguir a iluminação local (sobre a tarefa), esta deve ser ligeiramente superior à luz ambiente. A relação entre elas depende da diferença de brilho entre a tarefa e o ambiente, e também das preferências pessoais. Para isso é conveniente que a luz local seja regulável. A luz natural pode ser usada sempre que possível para compor a iluminação ambiental. A luz natural e a visão do exterior são apreciadas por muitas pessoas. Contudo os postos de trabalho junto a janelas são alvo de ofuscamento, o que se torna muito desconfortável. As grandes variações da luz natural durante o dia, podem ser reguladas com uso de cortinas ou persianas. Desta

forma a incidência de luz direta é evitada. A luz artificial deve ser posicionada em relação à tarefa, de modo a evitar os reflexos e as sombras. Em trabalhos com monitores, deve-se tomar especial atenção para evitar os reflexos sobre a tela, os reflexos podem ser evitados com uso de luz difusa no teto. Isso pode ser feito também substituindo as superfícies lisas e polidas das mesas, paredes e objetos, por superfícies rugosas e difusoras, que disseminam a luz.

No caso de necessidade de uma nova instalação de iluminação deve ser feito um estudo luminotécnico para que o sistema seja corretamente dimensionado para o local e para a tarefa nela desempenhada.

3.3.2 Iluminância

Iluminância é a quantidade de luz que incide sobre um ponto da superfície e a área dessa superfície, quantificando-se com a unidade de lux (lx).

Um lux é igual a um lúmen por metro quadrado (lm/m^2). A iluminância é independente da direção de onde o fluxo luminoso atinge a superfície. De uma forma mais simples é a quantidade de luz dentro de um ambiente, pois o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente por todo o espaço, logo não tem o mesmo valor em todos os pontos do espaço que ilumina.

Esta medição pode ser feita por meio do uso de um fluxímetro, que usa uma fotocélula corrigida por um filtro especial, a fim de coincidir com a curva de sensibilidade V (λ) do olho humano.

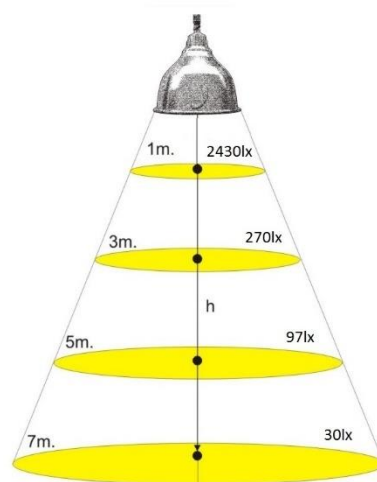


Figura 15 Iluminância com a altitude [24]

Para as tarefas normais, como leitura de livros, montagens de peças e operações com máquinas, deve-se aplicar uma iluminância de 200 lux que é suficiente para tarefas com

bons contrastes, sem necessidade de percepção de muitos detalhes, como na leitura de letras pretas sobre fundo branco.

Em ambientes de trabalho com grandes exigências visuais, o nível de iluminação deve ser aumentado, colocando-se um foco de luz diretamente sobre a tarefa. Isso ocorre, por exemplo, em tarefas de inspeção, em que pequenos detalhes devem ser detectados, ou quando o contraste é muito pequeno. Nestas situações pode ser necessário ir até 2000 lux, no entanto níveis muito elevados provocam fadiga visual.

Quando a informação for pouco legível, é mais efetivo melhorar a sua legibilidade do que aumentar o nível de iluminação, já que os aumentos da Iluminância acima de 2000 lux não aumentam significativamente a eficiência visual. Assim, a legibilidade pode ser melhorada com aumento dos detalhes (usando fontes maiores ou reduzindo a distância de leitura) ou o aumento do contraste [25].

Classes de Iluminância

Intervalos de iluminância recomendada para classes de tarefas (Norma DIN 5035-2:1990).

Tabela 2 Intervalos de iluminância recomendada

Tarefas	Iluminância
Mínimo para locais de trabalho, sem atividades	150 - 250 lx
Classe I: Tarefas visuais simples	250 – 500 lx
Classe II: Observação contínua de detalhes médios	500 – 1000 lx
Classe III: Tarefas visuais contínuas e precisas	1000 – 2000 lx
Classe IV: Tarefas muito precisas	> 2000 lx

Valores de iluminância média recomendados para tarefas visuais pela norma ISO 8995:2002 [26].

Tabela 3 Intensidade iluminosa nos locais de trabalho

Tarefas	Iluminância média
Iluminação de emergência	10 lux
Áreas de circulação ou de permanência temporária	100 – 150 lux
Garagem, residência, restaurante	150 lux
Trabalhos em armazéns, estaleiros	50 – 500 lux
Arquivo, fotocópias, circulação, etc.	300 lux
Sala de aula	300 lux
Escrita, leitura e processamento de dados	500 lux
Desenho técnico	750 lux
Unidade de CAD	500 lux
Salas de conferências e de reunião	500 lux
Recepção	200 lux
Trabalhos de relojoaria, gravação	1500 – 2000 lux
Sala de operações	> 5000 lux

Os valores recomendados foram considerados, a fim de representar um balanço razoável, respeitando os requisitos de segurança, saúde e um desempenho eficiente do trabalho. Os valores devem ser atingidos com a utilização de soluções energeticamente eficientes.

3.3.3 Eficiência Luminosa

Eficiência energética é a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida. Expressa-se em unidades de lúmen por Watt (lm/W) e pode também representar a quantidade de fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz a partir de uma potência de 1 Watt. Desta forma, a eficiência luminosa é uma grandeza adequada para comparações entre fontes de luz de diferentes tipos.

Esta eficiência varia muito dependendo da tecnologia, do fabricante e do formato da luminária. Desta forma é extremamente importante observar a eficiência da luminária antes de a adquirir, geralmente uma luminária eficiente ainda que possa ser mais cara, a sua economia em energia elétrica em curto prazo será superior.

Uma lâmpada incandescente comum tem uma eficiência na ordem dos 2%, ou seja, 2% da energia elétrica usada é transformada em luz e o restante é gerado em energia térmica (calor). A eficiência de uma lâmpada fluorescente, que produz a mesma

iluminação, é da ordem de 12%, já o led pode ter uma eficiência de 22% [25]. Como o preço da lâmpada eficiente é superior à comum, a decisão de qual delas comprar dependerá de fatores econômicos que consideram a vida útil de cada uma e a economia proporcionada na conta de luz.

Na Figura 16 é possível observar a diferença da eficiência energética em diferentes tecnologias de luminárias do mesmo fabricante.

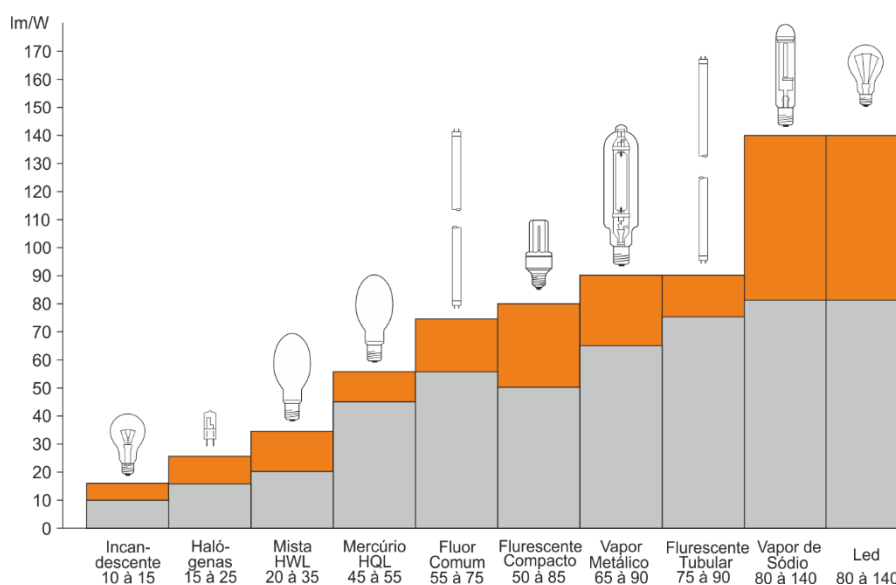


Figura 16 Eficiência [27]

3.3.4 Automatismos para a Iluminação

A automação aplicada aos sistemas de iluminação permite que a sua eficiência aumente assim como o conforto para os utilizadores.

Por muito elaborada que seja a implementação de procedimentos manuais, o recurso a sistemas automáticos de controlo é na maioria dos casos, a forma mais eficiente de gerir os circuitos de iluminação. Estes sistemas permitem otimizar a utilização das instalações de iluminação, resultando normalmente em economias de energia significativas, sem prejuízo dos níveis de conforto visual necessários em cada local.

Os sistemas de comando automático podem ser do tipo “Switch” ou “Dimmer”. Dentro dos sistemas switch existem interruptores horários, interruptores crepusculares, detetores de presença e movimento.

Nos sistemas dimmer é possível regular a intensidade luminosa, o seu controlo pode ser manual ou autónomo, perante a instalação de uma foto célula que envia a informação da iluminação natural e a desejada, ajustando assim a luz artificial autonomamente.

Apesar do controlo por dimmer ser mais eficiente, tem também um custo de aquisição mais elevado, podendo representar o dobro do preço de um controlador switch.

3.4 AVAC

O sistema AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), também designado no inglês por “*Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)*”, tem igualmente um grande impacto no consumo de energia nos edifícios. Já que geralmente são equipamentos de grande potência e de funcionamento contínuo para manter o ar saudável e satisfazer as necessidades térmicas dos utilizadores.

São responsáveis pelo controlo interior de temperatura, humidade, qualidade do ar e renovação do ar. Necessário para trabalhar em conforto e obter rendimento de trabalho, desta forma é fundamental existirem bons isolamentos térmicos, assim como escolher equipamentos com uma alta eficiência energética, e estarem corretamente dimensionados para os espaços a climatizar.

Desde a década de 1970, tem havido um esforço crescente, por parte de fabricantes e projetistas de sistemas de AVAC, no sentido de os tornar energeticamente mais eficientes. Inicialmente, este esforço teve como força motriz o crescimento dos custos da energia. Posteriormente também contribuiu fortemente para esse esforço a consciência ambiental e a consequente necessidade da redução da poluição e do aquecimento global [28] [29].

Na conceção de edifícios mais modernos, onde os envidraçados não abrem, logo não existe ventilação natural, o sistema deve ser autónomo para efetuar as devidas renovações de ar, caso contrário este chega a um momento em que o ar se torna pesado e o nível de CO₂ no ambiente começa a causar efeitos indesejáveis e algum desconforto afetando a concentração dos utilizadores. A origem do CO₂ em ambientes fechados são os próprios utilizadores.

O sistema deve estar equipado com sensores de CO₂ que quando alcançado o limite, o sistema de ventilação forçado é ligado, transferindo oxigénio novo para o interior.

As empresas são obrigadas por lei a utilizar refrigeração artificial para garantir o conforto térmico dos utilizadores, em que pelo menos 80% dos utilizadores devem-se sentir confortáveis, de acordo com recomendações da norma ISO 7730 [30].

3.4.1 *Temperatura Ideal*

Um problema comum encontrado em muitos espaços é a dificuldade em encontrar uma temperatura ideal, porque o que para uns X temperatura pode ser elevada, para outros essa temperatura pode ser baixa.

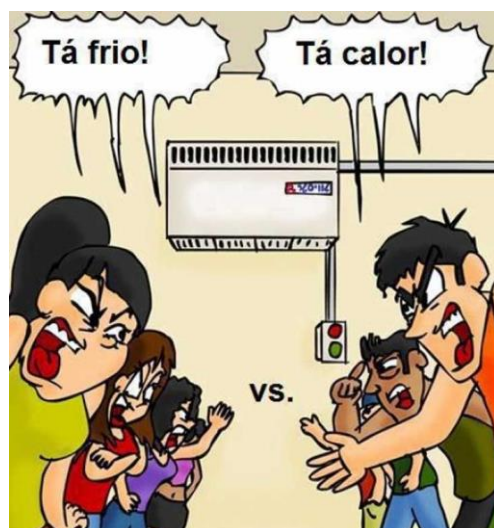


Figura 17 Uso não racional dos equipamentos de climatização [31]

Muitas vezes este fator acontece devido a uma má implementação dos sistemas, onde a temperatura não é distribuída uniformemente por todo o espaço.

Por exemplo, um *OpenSpace* de 400 m², com apenas 6 difusores de distribuição para a climatização, a um set-point de 22°C no verão, quem se encontrar perto das grelhas difusoras é provável que se sinta confortável, mas quem se encontrar mais afastado das mesmas, por certo sente-se com algum calor. Por esse motivo é crucial estudar bem o espaço para se projetar corretamente a solução.

Além disso diferentes grupos de pessoas têm preferência por diferentes temperaturas, influenciada por vários fatores como a idade, o peso, homem ou mulher, a roupa utilizada, etc. Por esse motivo é determinada a partir da taxa de metabolismo de um homem com cerca de 40 anos e com um peso de 70 kg, sendo já esta referência usada desde os anos 60. Os estudos afirmam que as mulheres não têm uma taxa tão elevada como essa baseada no corpo dos homens. Elas preferem, em média, uma temperatura de 25°C, enquanto que os homens sentem-se mais confortáveis com cerca de 22°C [32].

No entanto na Norma ISO9241 [33] recomenda a temperatura de 20 a 24 ° no verão e 23 a 26° no inverno, com a humidade relativa entre 40 e 80% e com o limite da velocidade do ar em 0,75 m/s. Estudos como o da Universidade de Cornell que mostra que os trabalhadores cometem mais erros quando a temperatura se encontra entre os 20 e os 22 ° do que quando a temperatura está entre os 23 e os 24 °.

Além dessa temperatura existem outros aspetos a ter em conta para um ambiente confortável, os equipamentos de climatização devem estar em funcionamento cerca de 20 minutos antes do espaço ser utilizado, assim como mudanças bruscas de temperatura nos equipamentos devem ser evitadas, não são boas nem para a eficiência energética nem para a saúde, o organismo precisa de um certo tempo para se adaptar às mudanças de temperatura uma vez que o corpo está acostumado a trabalhar numa temperatura constante. A alteração térmica facilita o surgimento de infeções virais e bacterianas.

Ainda assim algumas empresas optam por temperaturas mais frias, desta forma as pessoas seguem o código de vestuário da empresa.

Na Figura 18 é possível observar a relação entre a temperatura e a produtividade.

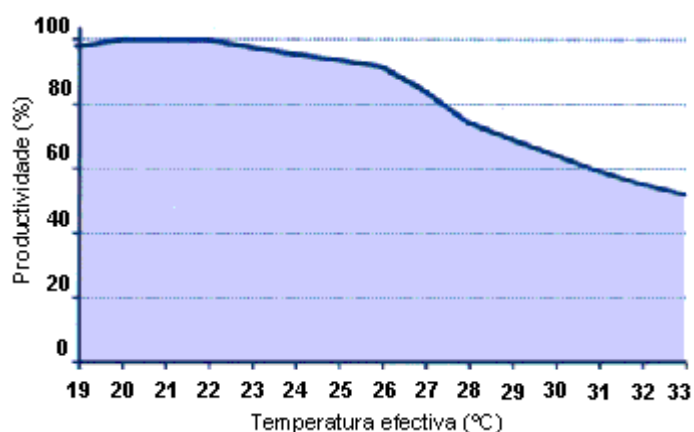


Figura 18 Curva da performance em relação da temperatura [34]

3.4.2 Renovação do ar

A renovação de ar é um processo muito importante e pouco divulgado. O ar é transmissor de diversas doenças e a inalação de partículas contaminadas pode ser muito prejudicial ao ser humano.

Os ambientes climatizados em que não é realizada devidamente a renovação de ar podem ocorrer concentrações excessivas de gás carbônico, que intensifica a sonolência e dá origem a dores de cabeça constantes, além da criação de um ambiente propício à proliferação de inúmeras bactérias e vírus.

A medida mais simples para a renovação do ar em um ambiente fechado é através da abertura de portas e janelas para que o ar externo possa circular no ambiente. Em ambientes em que não é possível ou com numerosos utilizadores esta medida deve ser feita com recurso a unidades de ventilação (UV).

A renovação forçada do ar é imprescindível e pode ser conseguida de três formas:

- **Exaustão**, quando se retira continuamente um determinado volume de ar, enquanto o ar novo entra livremente;
- **Insuflamento**, quando se injeta ar novo no ambiente, de forma contínua, enquanto o mesmo volume sai livremente. Neste caso é possível determinar a qualidade do ar utilizando filtros;
- **Exaustão e Insuflamento** forçados. Permite determinar a qualidade do ar com utilização de filtros e o controlar o volume de renovação. Estas instalações quando projetadas de forma a garantir o arraste do ar por todo ambiente, são mais eficientes e conseqüentemente mais econômicas. Havendo equipamentos que geram calor no interior do ambiente, convém instalar exaustão localizada a fim de impedir sua difusão.

O volume de ar a extrair ou induzir durante um determinado período é expressado, normalmente em m³/h. Para calcular o caudal multiplicar a volumetria do local pelo nº de renovações por hora necessária [35]. Formula: Caudal (m³/h) = Volumetria (m³) x NR/h (consultar tabela).

Na Tabela 4 pode ser verificado o número de trocas por hora em diferentes áreas.

Tabela 4 Taxa de renovação de ar novo

Local funcional	Taxa de Renovação (trocas/hora)
Salas de animais	12-16
Auditórios	30-30
Padaria e confeitaria	20-60
Igrejas	15-25
Salas de aula	10-30
Salas de conferência	25-35
Corredores	3-10
Lavagem a seco	20-40
Fundições	5-20
Ginásios	5-30
Garagens	6-10
Hospitais	8-12
Cozinhas	10-30
Lavandarias	10-60
Bibliotecas	15-25
Pequenas oficinas	8-12
Berçários	10-15
Escritórios	6-20
Restaurantes	6-20
Lojas	18-22
Residências	5-20
Equipamentos telefônicos	6-10
WC	8-20

Perdas de calor resultantes da renovação do Ar

As perdas térmicas resultantes da renovação do ar são inevitáveis, contudo essas perdas devem ser sempre amenizadas ao máximo com o uso de unidades de recuperação (HRV), como por exemplo o recuperador entálpico que permite transferir cerca de 60% da energia térmica do ar saturado que sai para o ar novo a ser insuflado no edifício, Figura 19.

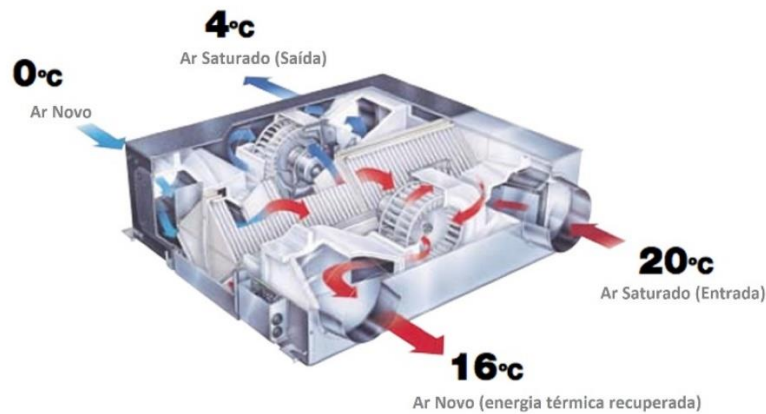


Figura 19 Recuperador HRV [36]

3.4.3 Automatismos na Climatização

Os espaços com algum aglomerado número de ocupantes os valores de temperatura, humidade e CO₂ devem ser monitorizados e assim o seu controlo deve ser autónomo, de forma a impedir que o set-point dos equipamentos estejam constantemente a ser alterados pelos utilizadores. Um exemplo prático deste cenário é alguém entrar em uma sala e alterar o set-point da temperatura para um valor exagerado, acreditando que dessa forma o sistema vai responder mais rápido e mais tarde volta a fazer o mesmo, mas em uma temperatura oposta. Este cenário comum de acontecer, mas irracional vai levar a um elevado consumo de energia. No gráfico da Figura 20 é possível observar essa ocorrência e é possível compara-la com a curva a azul da resposta autónoma ao sistema.

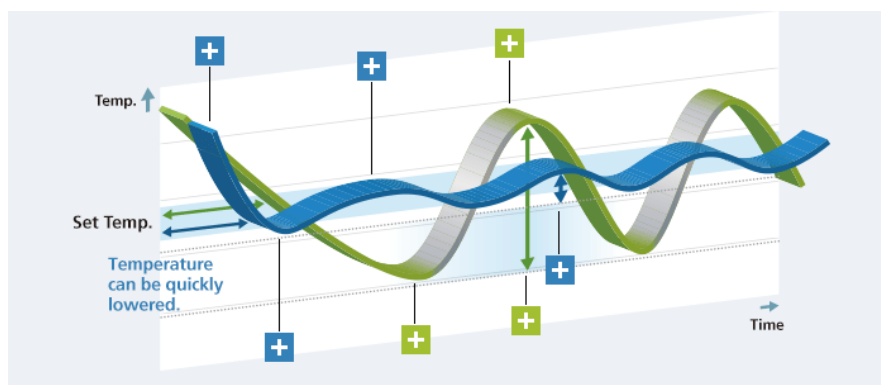


Figura 20 Curva de set-point [37]

Assim como apenas espaços fechados e com presença física ou programada deve ter o sistema em funcionamento.

Um sistema de climatização autónomo pode representar ganhos extraordinários na redução do consumo de energia e no conforto.

4 Caso de Estudo

4.1 *Enquadramento*

Neste capítulo é descrito o caso de estudo, que tem como objetivo promover a eficiência energética no edifício e diminuir a necessidade dos recursos energéticos.

Este capítulo é dividido em duas partes fundamentais.

A primeira parte consiste em trabalho de campo, também conhecido como a intervenção no local da instalação. Este tem o objetivo na realização de uma inspeção ao edifício, em que são analisadas as condições de utilização da energia elétrica.

Ao longo do capítulo são descritos na prática de que forma se deu cumprimento às normas regulamentares e aos estudos de eficiência energético e visa descrever de forma pormenorizada a auditoria realizada ao edifício. Onde é descrita a estrutura do edifício bem como as principais características do ponto de vista da envolvente, iluminação, ocupação, sistemas de produção de energia térmica e tratamento de ar novo, ventilação e todo o seu funcionamento. São ainda apresentados os resultados obtidos.

Posteriormente são estudadas e apresentadas um conjunto de soluções de melhoria e medidas corretivas, tendo em vista a poupança energética e consequente redução de custos com as faturas de energia.

A segunda parte deste caso de estudo consiste na projeção de um sistema fotovoltaico de produção de energia elétrica, apropriado para a localização geográfica do edifício e para o tipo de utilização do mesmo. O intuito é baixar o consumo de energia elétrica do edifício utilizando o recurso solar existente na cobertura do mesmo edifício.

Este estudo justifica as escolhas dos sistemas e equipamentos propostos a serem instalados. As escolhas são suportadas sempre do ponto de vista da sua implementação prática, da sua viabilidade económica e sustentabilidade.

4.2 *Apresentação do Edifício*

Este estudo é realizado no edifício Porto Design Factory (PDF) que se encontra integrado no campus do Instituto Superior de Engenharia do Porto, localizado na rua Dr. António Bernardino de Almeida, 537, Porto. Este encontra-se localizado em uma zona urbana da cidade.



Figura 21 Edifício Porto Design Factory [38]

Este edifício é um laboratório de ideias interdisciplinares e investigação, que acolhe projetos empreendedores e educativos.

O espaço funciona num prédio de três pisos acima do solo, o acesso entre pisos é feito por escadas ou por elevador, para casos de mobilidade reduzida. O edifício constituiu uma área bruta de 1000m², acolhendo em espaços formais e informais, atividades educativas de diversa natureza, bem como atividades de trabalho individual ou em grupo, reuniões, workshops, eventos e oficinas de prototipagem rápida e *mock-up's*, impressão 3D, etc. O edifício está aberto 24 h/dia, 7 dias/semana. A fachada principal encontra-se orientada para Sudoeste.

Trata-se de uma construção com cerca de 15 anos, constituída por parede dupla e vãos envidraçados de vidro duplo de caixilharia de alumínio. A proteção solar interior constituída por estores interiores em tecido.

4.3 Auditoria

Nesta secção foi efetuada uma auditoria energética informal ao edifício, este procedimento teve como objetivo analisar de que forma a energia é consumida e a eficiência com que é consumida, com o intuito de identificar fontes de desperdício de energia, podendo estes ser de caráter ativo ou passivo.

As fontes e causas de desperdício de energia mais comuns podem muitas vezes ser identificadas visualmente. As não conformidades detetadas foram analisadas e propostas soluções para colmatar essas divergências, em um plano de ações corretivas.

Na auditoria energética efetuada foi aplicado o despacho nº 17449/2008, já analisado no capítulo anterior.

Neste estudo, a auditoria tem apenas como objetivo permitir uma visão geral do processo da transformação de energia e a investigação de falhas na vertente de eficiência energética. Essas falhas são muitas vezes de constituição passiva, como por exemplo quebras de isolamento, o desprezo do aproveitamento solar, desta forma foi também necessário inspecionar todas as paredes exteriores, coberturas, pavimentos e envidraçados de modo a caracterizar a construção do edifício.

Em uma primeira fase antes da inspeção à infraestrutura e equipamentos, foi necessário recolher alguns dados como:

- Consumo mensal de energia, durante o período superior a 12 meses;
- Potência contratada;
- Horário de funcionamento;
- Levantamento de todos os espaços do edifício;
- Planta do edifício e da rede de distribuição;
- Ano de construção;
- Perfil de ocupação;
- Número médio de utilizadores e tipo de atividade desenvolvida nos diferentes espaços;
- Fichas técnicas dos equipamentos;
- Relatórios de auditorias anteriores, caso existam;
- Memória descritiva do sistema AVAC;
- Horário de funcionamento do sistema AVAC;

- Identificação de zonas do edifício com atividade específica, como por exemplo o bar, anfiteatro, oficinas, laboratório, etc.

Com estes dados foi possível criar um plano de partida decomposto pelos diferentes pontos de estudo. Para posteriormente elaborar o levantamento energético e proceder à análise detalhada do uso dessa energia.

Sendo este realizado em várias etapas com diversas visitas ao local para levantamento de dados e observação das instalações. A visita deve ser sempre acompanhada por um Técnico Responsável ou alguém responsável que conheça a instalação.

4.3.1 *Identificação dos Consumos de Energia*

As necessidades energéticas do edifício são apenas satisfeitas com recurso à energia elétrica. Este fornecimento de energia é garantido através do fornecimento da rede interna do ISEP.

O edifício não possui nenhum sistema de produção própria, nem grupo gerador de emergência, assim como também não dispõe de qualquer UPS ou sistemas de armazenamento para assegurar a continuidade da alimentação dos sistemas informáticos e videovigilância, caso ocorra um corte de alimentação.

Ainda que não se tenham encontrado equipamentos com alta potência de arranque, o edifício não dispõe de uma bateria de condensadores para compensar o fator de potência.

Para ser possível identificar o gasto energético do edifício PDF, foi necessário a requisição aos Serviços de Apoio Técnico do ISEP, do seu gasto energético mensal dos últimos anos. Foi detetado uma pequena entrave, pois a alimentação do edifício PDF é conjunta ao edifício R, a partir de um quadro de alimentação que se encontra nas costas do mesmo edifício PDF e que por sua vez é alimentado pela rede de distribuição BT interna do ISEP. Significando que a contagem de energia é referente aos dois edifícios. Estes em tempos antigos funcionavam apenas como um, para uma outra entidade que ocupava os dois edifícios. Desta forma foi necessário efetuar também algumas visitas ao edifício R a fim de efetuar uma estimativa percentual de consumo de energia em relação ao consumo global dos dois edifícios. Foi compreendido que apesar de terem relativamente a mesma dimensão, o número de ocupantes é ligeiramente inferior, assim como a climatização é efetuada apenas por unidades individuais de ar condicionado split, sem nenhuma unidade de tratamento de ar. Por estas razões, o consumo do edifício R foi estimado em 35% do consumo total.

Os dados facultados referentes ao consumo de energia encontram-se descritos na Tabela 5. Sendo este o histórico de consumo energético referente a três anos e meio que permitem já efetuar uma análise e caracterização dos consumos.

Tabela 5 Contabilização do gasto energético

	2012 (kWh)	2013 (kWh)	2014 (kWh)	2015 (kWh)	2016 (kWh)	Média (kWh)	Média PDF -35% (kWh)
Janeiro		16193	10490	11854	16438	14023	9115
Fevereiro		15869	7751	13385	18042	14627	9507
Março		13947	8030	14705	16697	14326	9311
Abril		13098	8674	10835	14204	11966	7778
Maio		12298	8847	11369		11369	7389
Junho		10125	8653	14560		10125	6581
Julho		14320	10241	15102		14320	9308
Agosto		10442	9380	10690		10442	6787
Setembro	9210	10946	9597	11676		10271	6676
Outubro	8232	9672	9848	13030		9760	6344
Novembro	13124	8962	8498	13901		11043	7177
Dezembro	13986	9765	11029	14317		12507	8129
Total		145637	111038	155424		144781	94107
Média mensal						11668	7584

Ao comparar os consumos dos anos de 2013, 2014, 2015 verifica-se a existência de um aumento do consumo de energia, ainda que no ano de 2014 o consumo tenha diminuído. Contudo o aumento observado para 2015 e inícios de 2016 é bastante acentuado em relação aos anteriores, daí a importância deste tipo de intervenção.

Em uma outra perspetiva apresenta-se também na Figura 22 um gráfico com a curva da média dos consumos de energia ao longo dos meses do ano.

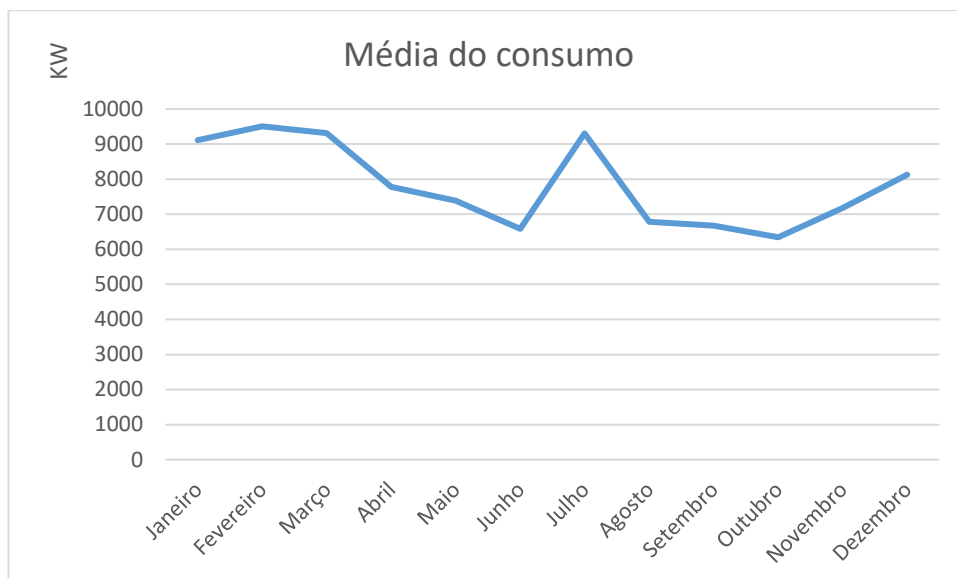


Figura 22 Curva do consumo de energia PDF

Nesta perspetiva é possível observar e analisar que os intervalos de tempo em que os consumos variam gradualmente verificam-se nas épocas de solstícios. Isto deve-se certamente ao esforço dos equipamentos de climatização, ao aquecer o espaço no inverno e arrefecer no verão. Também é possível verificar que os meses de agosto e setembro são os meses com menor consumo, pois é o período de férias e o edifício encontrasse maioritariamente desocupado, assim é possível descrever que:

- A média de consumo mensal é de 94107kWh;
- Em média o mês com menor consumo é outubro com 6344kWh de consumo;
- Em média o mês com maior consumo é fevereiro com 9507kWh de consumo.

4.3.2 Desagregação e Caracterização dos Consumos de Energia

Depois de identificados os consumos e a sua curva evolução é importante distinguir as diferentes áreas de consumo e caracteriza-las relativamente à sua contribuição para o consumo global do edifício.

Os consumos energéticos de um edifício de serviços derivam principalmente dos setores de climatização e iluminação e em último pelos equipamentos.

A desagregação dos consumos de energia permite identificar quais os setores onde a intervenção é mais eficaz e propor soluções que melhor se adaptam a cada realidade. Este tipo de desagregação foi realizada pelo registo da potência dos equipamentos e pela duração de tempo que se encontram em funcionamento. Por isso, os consumos são estimados. Para realizar uma desagregação mais precisa seria necessário efetuar o

registo dos consumos nos quadros de derivação de energia durante um ano, para ser possível avaliar a sua evolução no tempo e nas diversas épocas do ano.

4.3.3 Iluminação

A iluminação nos edifícios deste setor representa normalmente a maior parcela dos consumos energéticos, apresentando-se como um elemento de especial relevo no que diz respeito à gestão eficiente da energia no edifício.

Com o intuito de compreender se este consumo está a ser efetuado adequadamente do ponto de vista de eficiência energética, é necessário realizar um levantamento dos mesmos.

A partir do levantamento dos pontos de iluminação pelas diferentes divisões e as tarefas desempenhadas nos referidos espaços, é possível identificar espaços com iluminação desajustada ou com baixos níveis de eficiência. A utilização incorreta do sistema de iluminação resulta em aumentos significativos e desnecessários no consumo de energia, assim como desconforto para os utilizadores, como analisado na secção 3.3 desta dissertação.

O sistema de iluminação artificial predominante no edifício é constituído por lâmpadas fluorescentes tubulares de 36W com balastro eletrónico, tal como é possível visualizar na Figura 23.



Figura 23 Luminárias fluorescentes tubular

Estas luminárias na sua maioria são da marca OSRAM de 1,2m com uma capacidade de iluminação de 3350 lumens o que significam que têm uma eficiência de 93,05lm/W [39]. Encontram-se maioritariamente nas salas de ensino, gabinetes e oficinas e WC's, em armaduras de encastrar.

O controlo da iluminação nestes espaços é efetuado por meio de interruptores completamente mecânicos, Figura 24, controlados manualmente no interior de cada espaço, sendo que a responsabilidade da sua interrupção é de quem o ocupa.



Figura 24 Interruptor de controlo de iluminação

A iluminação dos corredores, escadas, Hall's, é efetuada por lâmpadas fluorescentes compactas de 18W da marca OSRAM, com uma capacidade de iluminação de 1200 lumens o que significam que têm uma eficiência de 66,6lm/W [40].

Estas podem-se encontrar em armaduras de encastrar ou em apliques de parede, como ilustrado na Figura 25.



Figura 25 Luminárias fluorescentes compactas

Geralmente são ligadas desde a primeira pessoa a ocupar o edifício, à última a deixar o edifício, sendo o seu controlo efetuado no quadro de derivação de cada piso, por meio de um disjuntor.

A iluminação dos WC's do primeiro piso foi renovada recentemente, apresentando-se atualmente com tecnologia led embutida no teto falso.

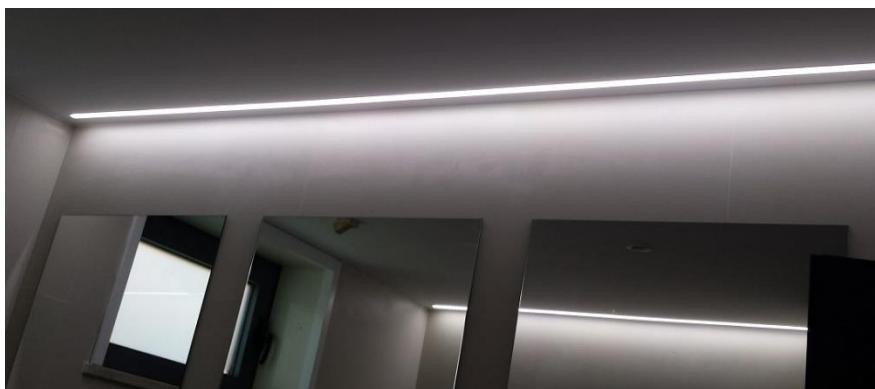


Figura 26 Luminárias em fita de led

É de salientar que o mecanismo de acionamento da iluminação deste espaço é automático com recurso sensores de presença. Não foi possível obter a potência dos mesmos devido ao seu encaixe no teto falso, contudo pressupõe-se que este tenha uma boa eficiência energética, ilustrada na Figura 26.

A iluminação artificial do Auditório também foi renovada recentemente e encontra-se dividida por três circuitos, dois para a bancada e um para o palco, que constitui 29 pontos de iluminação encastrados no teto falso com iluminação em led da marca OSRAM de 6,6W e 350lumens, o que significam que têm uma eficiência de 53,03lm/W [41], como se pode observar na Figura 27.

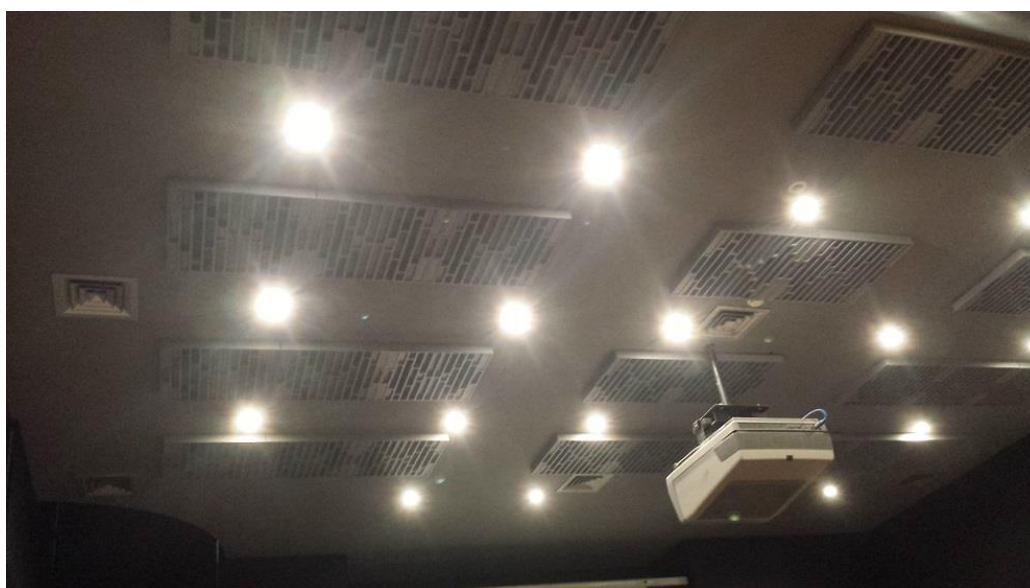


Figura 27 Iluminação do Auditório

A iluminação deste espaço é comandada por três disjuntores de pressão da ABB, sem controlo de intensidade.

O bar possui um sistema de iluminação constituído por 11 candeeiros suspensos com lâmpadas fluorescente compacto, de 17W da marca OSRAM, com uma capacidade de iluminação de 970 lumens o que significam que têm uma eficiência de 57,05lm/W, Figura 28 [42].



Figura 28 Iluminação do bar

Esta iluminação é acionada por um interruptor mecânico à entrada do espaço.

Por fim a iluminação exterior encontra-se ao topo e ao solo do edifício, efetuada por projetores com lâmpadas de valor de sódio de alta pressão de 150W da marca OSRAM, com uma capacidade de iluminação de 15000 lumens o que significam que têm uma eficiência de 100lm/W [43], esta iluminação é comandada por dois disjuntores do quadro de derivação do piso 0. Contudo após uma inspeção aos mesmos verificou-se que estes não se encontram nas melhores condições, foi observado projetores em contacto direto com a terra, projetores soltos, e com lâmpadas queimadas, como se pode observar na Figura 29.

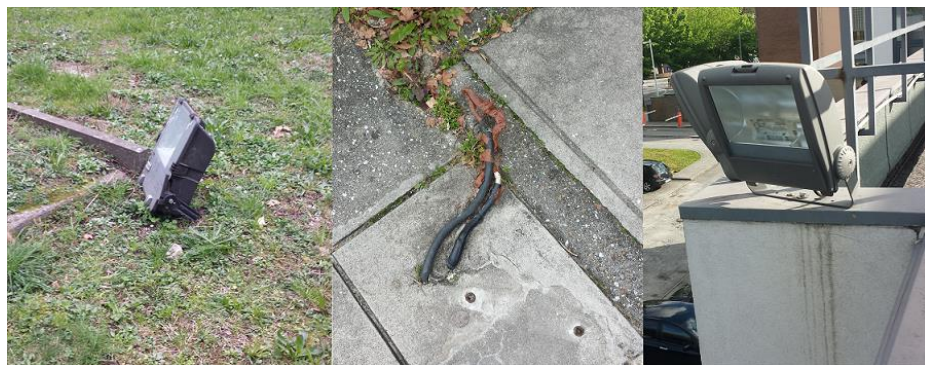


Figura 29 Projetores exteriores

Os horários de funcionamento da iluminação interior correspondem relativamente ao tempo de ocupação do edifício, geralmente com início por volta das 09h00 até às 18h00, de 2.ª a 6.ª feira.

A **Iluminação Natural** no edifício é captada pelas fachadas com envidraçados que garantem uma boa iluminação natural, que possui um sistema manual de estores interiores em tecido, como se pode observar na Figura 30. Contudo a proteção solar como é manual encontra-se muitas vezes desajustada, nos diferentes horários do dia. Desta forma o aproveitamento solar não é efetuado de uma forma correta, sendo muitas vezes acionada a iluminação artificial desnecessariamente.



Figura 30 Estores interiores

Devido à constituição dos estores, estes não permitem o ajuste do ângulo de radiação para impedir o ofuscamento, sendo estes considerados uma má escolha.

Levantamento no terreno da iluminação no edifício

Foi efetuado um levantamento exaustivo no terreno de todos os pontos de iluminação interior e exterior do edifício, apresentado nas tabelas Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8.

Tabela 6 Luminárias do Piso 0

Divisão	Dimensão (m²)	Pontos de Iluminação	Luminária	Potência (W)	Eficiência (lm/W)	Iluminância do espaço (lux)
Sala	37,5	8	Fluorescente	2x36	$3350/36 = 93$	1429
WC	11,3	2	LED	1x43	$3488/43 = 81$	697
WC	11,3	2	LED	1x43	$3488/43 = 81$	697
WC	9	2	LED	1x43	$3488/43 = 81$	775
Hall de WC	3,8	2	LED	1x43	$3488/43 = 81$	872
OpenSpace	50,1	8	Fluorescente	1x36	$3350/36 = 93$	534
Sala	58	10	Fluorescente	2x36	$3350/36 = 93$	1155
Sala	37,5	8	Fluorescente	2x36	$3350/36 = 93$	1429
Sala	58	10	Fluorescente	2x36	$3350/36 = 93$	1155
Auditório	80	29	LED	1x6,6	$350/6,6 = 53$	126
Bar	60	11	Fluorescente	1x17	$970/17 = 57$	177
Ascensor	5,2	2	Fluorescente	2x18	$1200/18 = 66$	923
Entrada	11	2	Fluorescente	2x18	$1200/18 = 66$	436
Hall	53,6	8	Fluorescente	2x18	$1200/18 = 66$	358

Tabela 7 Luminárias do piso 1

Divisão	Dimensão (m²)	Pontos de Iluminação	Luminária	Potência (W)	Eficiência (lm/W)	Iluminância do espaço (lux)
Sala	12,7	2	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	1055
Sala	27,7	4	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	967
Sala	15,4	4	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	1740
Hall	5,4	1	Fluorescente	2x18	3350/36 = 93	1240
WC	10,3	3	Fluorescente	1x36	3350/36 = 93	975
WC	10,3	3	Fluorescente	1x36	3350/36 = 93	975
Arrumos	3,4	1	Fluorescente	1x18	1200/18 = 66	1058
Sala	21	4	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	1276
Sala	28	4	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	957
Sala	13	2	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	2061
Sala	13	2	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	515
Biblioteca	33	7	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	203
Sala	57,8	3	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	347
Gabinete	20,2	4	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	1326
Hall dos gabinetes	8,5	2	Fluorescente	2x18	1200/18 = 66	564
Gabinete	16,3	4	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	1644
Gabinete	18,4	4	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	1456
Gabinete	13,13	4	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	2041
Lavatório	2,3	2	Fluorescente	1x18	1200/18 = 66	1043
Hall + Caixa de Escadas	45	7	Fluorescente	2x18	1200/18 = 66	373
Hall	38,5	9	Fluorescente	1x18	1200/18 = 66	280

Tabela 8 Luminárias do piso 2

Divisão	Dimensão (m ²)	Pontos de Iluminação	Luminária	Potência (W)	Eficiência (lm/W)	Iluminância do espaço (lux)
WC	3	2	Fluorescente	1x18	1200/18 = 66	800
Oficina	84,5	12	Fluorescente	1x36	3350/36 = 93	475
Hall das oficinas	6,6	2	Fluorescente	1x36	3350/36 = 93	1015
Sala	7,3	2	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	1835
Hall	44,6	7	Fluorescente	2x18	1200/18 = 66	376
Sala	8,7	1	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	770
Sala	10,3	2	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	1300
Sala	10,3	2	Fluorescente	2x36	3350/36 = 93	1300
S. Redes	22,6	4	Fluorescente	1x36	3350/36 = 93	592
Oficina	47,7	6	Fluorescente	1x36	3350/36 = 93	421
Exterior						
Decorativas	*	12	Vapor de Sódio de alta pressão	1x150	15000/150 = 100	*
Terraço	*	1	Fluorescente	1x17	970/17 = 57	*

Nestas tabelas é possível observar e analisar vários elementos, sendo que os mais significativos para este estudo são a potência energética e a potência luminosa.

Na presente análise da iluminação no edifício verifica-se que existem cerca de 344 lâmpadas, das quais 212 fluorescentes tubulares de 36W que representam a maioria da iluminação com uma presença de 61,6% das luminárias. Na Figura 31, apresenta-se a repartição de lâmpadas de acordo com a sua potência.

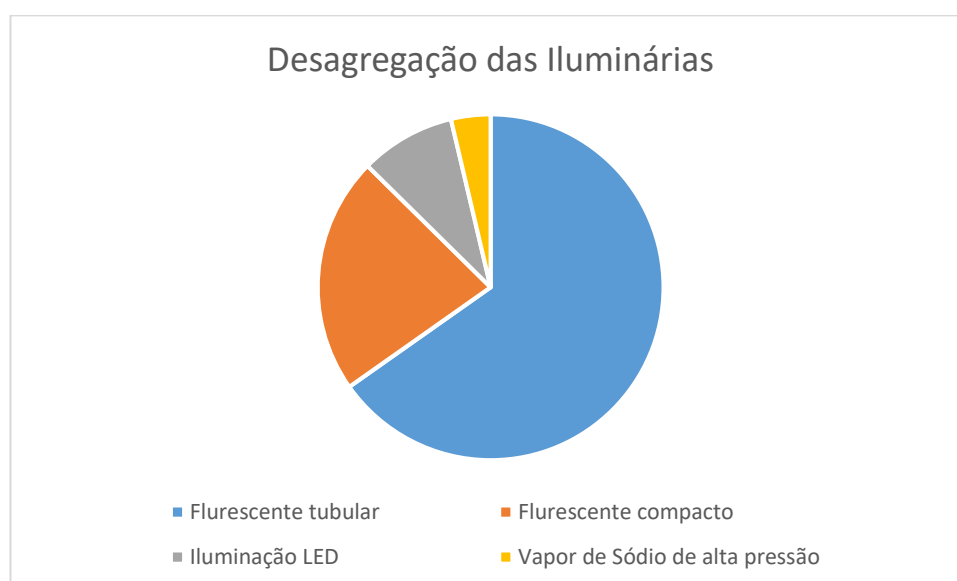


Figura 31 Desagregação das Luminárias existentes no edifício

Desta forma consta-se que a eficiência energética da iluminação presente no edifício é de $\frac{\text{Potência instalada}}{\text{Lumens}} = \frac{11,450 \text{ kW}}{1025324 \text{ lm}} \Leftrightarrow 89,5 \text{ lm/W}$.

Considerando a área útil do edifício de 1000 m^2 medida em planta obtém-se um rácio de $\frac{\text{Potência instalada}}{\text{Área}} \Leftrightarrow \frac{11467 \text{ W}}{1000 \text{ m}^2} \Leftrightarrow 11 \text{ W/m}^2$ e uma luminosidade de $\frac{\text{Potência luminosa}}{\text{Área}} \Leftrightarrow \frac{845324 \text{ lm}}{1000 \text{ m}^2} \Leftrightarrow 845 \text{ lm/m}^2 \Leftrightarrow 845 \text{ lux}$ (para estes valores foram excluídas as luminárias exteriores). Desta forma é possível desde logo entender que a potência luminosa se encontra desajustada, esta deveria rondar os 300 lux. Este desajuste pode ser verificado pela última coluna das tabelas, onde se verifica um grande desajuste luminoso entre os diferentes espaços, verificando-se espaços com uma iluminação sobredimensionada e outros espaços com pouca iluminação.

Estes casos podem também ser observados na Figura 32, pela densidade de luminárias que se encontram em alguns espaços.



Figura 32 Densidade de luminárias

4.3.3.1 Estudo Luminotécnico

Para que seja possível efetuar uma correção as irregularidades encontradas na secção anterior, é necessário efetuar um estudo luminotécnico, de forma a verificar qual a potência iluminaria necessária para cada espaço, de acordo com a sua dimensão e atividade desenvolvida de cada espaço. De forma a melhorar o conforto luminoso e a reduzir o consumo de energia, originado pelo sobredimensionamento da potência instalada. Dando assim cumprimento à Normativa Europeia EN12464:2011 [44] para Iluminação nos locais de trabalho.

A tabela simplificada referente à iluminância adequada para cada tarefa pode também ser consultada na secção 3.3.2, Tabela 3.

O estudo não pretende alterar infraestrutura de energia já exigente, dado que se torna inviável a alteração das instalações, contudo caso esta fosse uma nova construção, seria recomendado o uso de uma ferramenta de software “DiaLux” [45] ou outra equivalente para identificar a localização ideal dos pontos de iluminação.

Na Tabela 9 é apresentada a potência em lumens necessária por luminária em cada espaço, respeitando os pontos de iluminação já existentes.

Tabela 9 Estudo Luminoso piso 0

Divisão	Dimensão (m²)	Pontos de Iluminação	Iluminância no espaço (lux)	Iluminância regulamentada (lux)	Lumens necessários por luminária (lm)
Sala	37,5	8	1429	300	1406
WC	11,3	2	697	150	565
WC	11,3	2	697	150	565
WC	9	2	775	150	1350
Hall de WC	3,8	2	872	150	570
OpenSpace	50,1	8	534	200	1252
Sala	58	10	1155	300	1740
Sala	37,5	8	1429	300	1406
Sala	58	10	1155	300	1740
Auditório	80	29	126	150	500
Bar	60	11	177	200	1090
Ascensor	5,2	2	923	150	390
Entrada	11	2	436	150	825
Hall	53,6	8	358	150	1005

Tabela 10 Estudo luminoso piso 1

Divisão	Dimensão (m²)	Pontos de Iluminação	Iluminância no espaço (lux)	Iluminância regulamentada (lux)	Lumens necessários por luminária (lm)
Sala	12,7	2	1055	300	1905
Sala	27,7	4	967	300	2077
Sala	15,4	4	1740	300	1155
Hall	5,4	1	1240	150	810
WC	10,3	3	975	150	515
WC	10,3	3	975	150	515
Arrumos	3,4	1	1058	150	510
Sala	21	4	1276	300	1575
Sala	28	4	957	300	2100
Sala	13	2	2061	300	1950
Sala	13	2	515	300	1950
Biblioteca	33	7	203	300	1414
Sala	57,8	3	347	300	5780
Gabinete	20,2	4	1326	300	1515
Hall dos gabinetes	8,5	2	564	150	637
Gabinete	16,3	4	1644	300	1222
Gabinete	18,4	4	1456	300	1380
Gabinete	13,13	4	2041	300	984
Lavatório	2,3	2	1043	150	172
Hall + Caixa de Escadas	45	7	373	150	964
Hall	38,5	9	280	150	641

Tabela 11 Estudo luminoso piso 2

Divisão	Dimensão (m²)	Pontos de Iluminação	Iluminância no espaço (lux)	Iluminância regulamentada (lux)	Lumens necessários por luminária (lm)
WC	3	2	800	150	225
Oficina	84,5	12	475	300	2112
Hall das oficinas	6,6	2	1015	300	990
Sala	7,3	2	1835	300	1095
Hall	44,6	7	376	150	955
Sala	8,7	1	770	300	2610
Sala	10,3	2	1300	300	1545
Sala	10,3	2	1300	300	1545
Bastidores	22,6	4	592	300	1695
Oficina	47,7	6	421	300	2385

Mais uma vez a iluminação exterior foi ignorada, pois esta não tem dimensão de espaço.

Os cálculos para calcular os lumens por luminária foram efetuados pela fórmula:

$$\frac{\text{lux} * \text{Área (m)}}{\text{Nº de pontos} * \text{iluminarias}}$$
 O valor em lumens é mais preciso para a escolha das luminárias, visto que a sua eficiência de iluminação varia em diferentes marcas e modelos de lâmpada, a potência da luminária a escolher deve ser sempre a mais próxima deste valor, mas nunca inferior a este.

Por meios qualitativos sugere-se a escolha de cor branco neutro de 4200 Kelvin para as diferentes luminárias, sendo esta a cor ideal para este tipo de trefas, além de ser uma cor muito similar à luz natural e menos exaustiva.

Obtidos esses dados, procede-se ao tratamento da informação de forma a obter uma maior eficiência energética.

4.3.3.2 *Plano de Ações Corretivas*

Depois de analisados os resultados da auditoria energética, foi considerada a realização de uma proposta para a intervenção das luminárias.

Nesta secção são apresentadas e propostas um conjunto de ações corretivas com o intuito de colmatar falhas encontradas durante a auditoria ao sistema de iluminação no edifício, assim como a apresentação de algumas soluções que visam a melhoria do conforto de edifício, assim como a redução do consumo de energia.

Depois de efetuada a inspeção ao sistema de iluminação do edifício, foi possível identificar um conjunto de aspetos que demonstraram desconformidades face ao considerado de boas práticas de utilização de energia. Ainda que estes na época em que foram instalados possuíssem os requisitos de qualidade necessários, nos tempos atuais e devido à rápida evolução tecnologia e à necessidade em diminuir o consumo energético foi necessário procurar soluções mais eficientes.

Assim considerado importante e necessário a substituição das luminárias do edifício, por outras mais eficientes, com uma iluminância adequada a cada divisão do edifício.

Especificação das Luminárias

Ainda que de uma forma geral o edifício disponha de uma iluminação eficiente numa relação Lúmen/Watt como verificado na secção 4.3.3, é possível propor um conjunto de luminárias com uma eficiência superior.

O estudo luminotécnico vem ajudar a identificar as luminárias adequadas para cada local, sendo assim possível apresentar uma proposta de luminárias, respeitando os pontos de iluminação já existentes. Esta proposta passa pela substituição da

iluminação existente por soluções de tecnologia LED, com o objetivo de reduzir os consumos de energia por parte da iluminação artificial já que a tecnologia led tem uma eficiência superior à tecnologia CFL ou também designada de fluorescentes.

Na análise das luminárias propõe-se que a substituição das lâmpadas fluorescente tubular T8 de 1,20m, com uma eficiência de 93lm/W, com maior relevância no edifício localizadas em todas as salas e gabinetes do edifício, por luminárias OSRAM de tecnologia led modelo ST8A-EM com potência de 14W e 2100lm com uma eficiência de 150lm/W [46].

Já para a substituição das lâmpadas fluorescente compacto de casquilho E27 que se encontram em alguns corredores e no bar, são propostas as lâmpadas OSRAM de tecnologia led modelo PARATHOM CLASSIC A 75 ADV com potência de 10W e 1055lm com uma eficiência de 105,5lm/W [47].

A iluminação exterior como pressupõe apenas o uso decorativo, são propostos projetores Led de baixo consumo modelo Floodlight 20 da OSRAM de 56W e 5770lm com uma eficiência de 103lm/W [48].

E é necessário realçar que as armaduras e candeeiros existentes não precisam de ser substituídos, contudo os balastros das armaduras de lâmpada fluorescente tubular T8 é necessário ser retirado, já que as tubulares de led recebem a energia de 220V direta da rede.

4.3.3.3 *Mapa de Quantidades e Orçamento*

Nesta secção são quantificados e referenciados os materiais propostos e necessários para a execução das medidas anteriormente apresentadas com o intuito do aumento do conforto e da eficiência energética no edifício.

Tabela 12 Luminárias propostas

Piso	Descrição	Qnt.	Referência	Preço Unit. [49]	Preço
Piso 0	Lâmpada led tubular 1,2m OSRAM	80	4052899956148	15,03 €	1 202,40 €
	Lâmpada led compacta CLA75 E27 OSRAM	35	4052899299108	8,78 €	307,30 €
	Bateria da iluminação de Emergência	1	ESP-2-02-202K	8,00 €	8,00 €
Piso 1	Lâmpada led tubular 1,2m OSRAM	92	4052899956148	15,03 €	1 382,76 €
	Lâmpada led compacta CLA75 E27 OSRAM	34	4052899299108	8,78 €	298,52 €
	Bateria da iluminação de Emergência	2	ESP-2-02-202K	8,00 €	16,00 €
Piso 2	Lâmpada led tubular 1,2m OSRAM	38	4052899956148	15,03 €	571,14 €
	Lâmpada led compacta CLA75 E27 OSRAM	16	4052899299108	8,78 €	140,48 €
Exterior	Projector led OSRAM LEDVANCE Floodlight	12	4058075001145	32,20 €	386,40 €
Total					4 313,00 €

Desta forma a implementação desta medida permite a redução da potência nominal instalada em iluminação de 11,5kW para 5kW e uma eficiência de 89,5 lm/W para 114 lm/W.

Estes valores ao serem comparados com a iluminação existente, permitem uma redução de $\frac{(11450\text{ W} - 5005,4\text{ W}) * 100}{11450\text{ W}} = 56,3\%$ do consumo de energia pela iluminação, o que é menos de metade da energia, contudo é necessário observar que esta redução deve-se também à redução da potência luminária existente.

O custo associado à implementação desta medida é estimado que seja na ordem dos 4313,00€, no entanto os valores apresentados, são valores de referência, podendo assim ser renegociado para quantidades relevantes. Contudo o valor de mão-de-obra da instalação está a ser desprezado devido à falta de informação orçamental precisa.

Segundo os estudos, a iluminação em edifícios de serviços tem um peso de 39% do consumo global de energia consumida, como se pode analisar pela referência e pelo gráfico da Figura 33, [50] [51] [52].

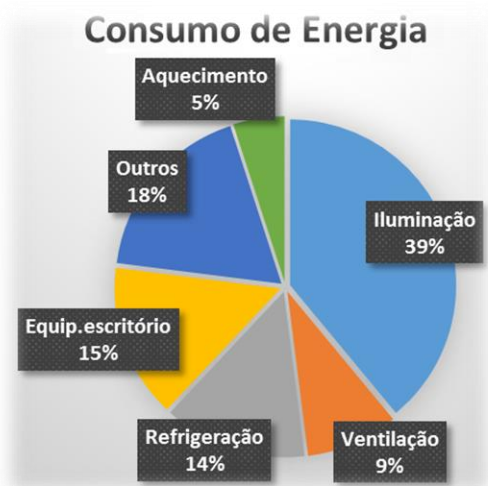


Figura 33 Repartição das áreas de consumo de energia

Ao ano resulta em um consumo de $94108 \text{ kW} \times 0,39 = 36702,1 \text{ kW}$, ao se subtrair a percentagem correspondente à redução de potência instalada na iluminação a um custo referencial de $0,16\text{€/kWh}$, prevê-se assim uma poupança de $(36702,1\text{kWh} \times 0,56) \times 0,16\text{€} = 3288,51\text{€}$ por ano desta forma o investimento é possível ser amortizado em pouco mais de um ano.

4.3.4 AVAC

O sistema de AVAC não poderia também deixar de ser analisado, visto que a climatização tem um impacto significativo no consumo de energia dos edifícios, especialmente nas épocas de solstício pela necessidade do conforto interno, mesmo com a evolução da isolamento da estrutura dos edifícios e a maior eficiência dos sistemas de climatização.

A utilização incorreta do sistema de climatização resulta em aumentos significativos e desnecessários no consumo de energia, podendo contribuir também para o mau estar dos utilizadores e condicionando a sua eficiência de trabalho.

Este edifício em causa não possui propriamente nenhuma Unidade de Tratamento de Ar (UTA), como geralmente se encontram neste tipo de edifícios. Mas sim um sistema de climatização de ar condicionado do tipo VRV (volume de refrigerante variável) ou no inglês *VRF (variable refrigerant flow)*, que efetua a climatização individual nas diferentes divisões dos 3 pisos do edifício, ver Figura 34.

Este tipo de sistema tem uma alta eficiência energética, pois tem a particularidade de poder climatizar diferentes espaços individualmente e em diferentes regimes.

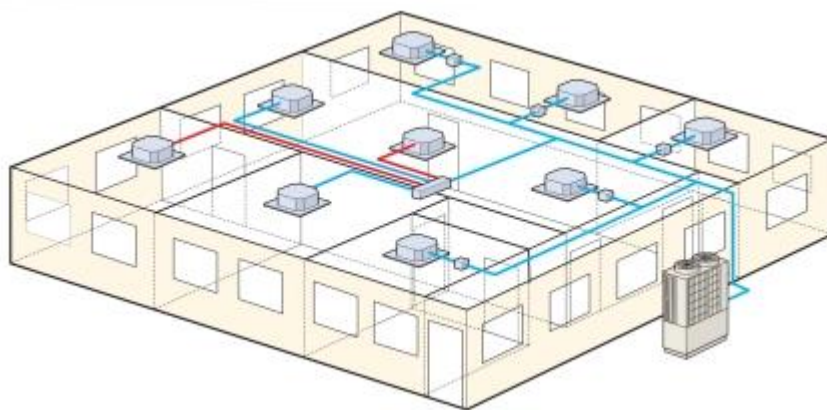


Figura 34 Arquitetura do sistema VRF [53]

Tal como se pode observar na Figura 34, o sistema é composto por uma unidade exterior conectada a varias unidades interiores, que operam individualmente em cada espaço, através dos chamados sistemas de expansão direta, nos quais o fluido refrigerante transfere a energia térmica com o ar do ambiente, por intermédio da evaporadora.

Sendo neste edifício a unidade exterior do sistema VRV da marca Daikin modelo RXYQ16T7Y1B [54] com uma potência de 45kW, que se encontra montada no terraço do edifício, tal como pode ser observado na Figura 35.



Figura 35 Unidade exterior do sistema de climatização VRV

Esta unidade tem um funcionamento semelhante a uma bomba de calor, para aquecer ou arrefecer o ambiente, usa um fluido refrigerante (gás R-410A) por meio de dois tubos para efetuar a troca térmica entre a unidade exterior e as unidades interiores, sendo este capaz de controlar até 64 unidades. A sua diferenciação deve-se à sua evolução eletrónica de poder fazer a trocar energética pelas diversas unidades interiores em apenas um ciclo de refrigeração, além de outras vantagens como ocupar pouco espaço, baixo ruído sonoro, ter um custo de aquisição inferior comparado a outros sistemas, ser fácil de instalar, possuir uma manutenção simples e de baixo custo, pois o seu sistema eletrónico efetua o diagnóstico ao próprio sistema.

As unidades interiores são igualmente da Daikin modelo FXAQ15PAV [55] com potência de 1,9kW, encontram-se montadas na parede de cada divisão a 15cm do teto, responsáveis por climatizar as referidas divisões.



Figura 36 Unidade interior do sistema de climatização VRV

Ao total foram contabilizadas 22 unidades interiores por todo o edifício, cada unidade possui igualmente um termóstato localizado à entrada de cada divisão, este faz a leitura da temperatura do espaço, é possível também regular o set-point de temperatura a pedir ao sistema, assim como ligar e desligar a unidade, além de outras funcionalidades como é possível constar na ficha técnica do equipamento [56]. Este equipamento é igualmente da marca Daikin modelo BRC1D52, como ilustrado na Figura 37.



Figura 37 Termostato de controlo da climatização

A sala de redes informáticas possui um sistema de Ar condicionado split isolado e individual da marca Haice com uma unidade interior HCDI/O-24MU0/R2DC e unidade exterior HCDO-21MT03/R2DC [57], a sua potência é de 1,7kW. Esta separação deve-se especialmente a esta unidade estar regularmente em funcionamento, e exclusivamente para refrigerar o espaço a uma temperatura relativamente baixa, para um melhor funcionamento do sistema de redes informáticas do edifício, Figura 38.



Figura 38 Unidade de climatização da sala de redes informáticas

Com o mesmo princípio a sala encontra-se isolada por uma estrutura de alumínio e uma porta com batente de borracha, para que o resfriamento não seja dissipado para outras divisões.

Como o sistema VRV é do tipo split não efetua o tratamento do ar, desta forma especialmente nos períodos de verão o ar fica saturado, com um alto nível de monóxido de carbono CO o que deixa as pessoas desconfortáveis e menos produtivas.

Para combater esse efeito, o edifício possui um sistema paralelo designado de Recuperador de calor entálpico ou no inglês *HRV (Heat Reclaim Ventilation)* este equipamento por intermédio de sensores distribuídos pelo espaço, ou um horário pré-

Isto deve-se ao facto deste tipo de equipamento possui um permutador de fluxos cruzados, que permite que a energia térmica do ar ao sair fique retida no recuperador, e o ar novo que entra absorve parcialmente essa energia, permitindo assim que a energia térmica não seja desperdiçada para o exterior, para uma melhor compreensão, o seu funcionamento é ilustrado na Figura 39.



59



Figura 40 HRV - Heat Reclaim Ventilation

O edifício possui duas unidades destas, uma na cobertura do segundo piso que opera para as oficinas do terceiro piso e outra no terraço do segundo piso responsável por as salas e gabinetes do primeiro e segundo piso. A extração do ar é efetuada ao centro do edifício, onde o espaço é amplo e o ar novo é insuflado mediante um conjunto de condutas distribuídas pelas diversas salas do edifício, por meio de grelhas difusoras localizadas na parede ou teto de cada divisão como ilustrado na Figura 36. É de relembrar que estas duas unidades não possuem nenhuma unidade de climatização.

O ar novo insuflado pelo recuperador entálpico, recupera parte da energia térmica do ar extraído, e cria também uma pressão positiva dentro das salas que protege os utilizadores de contaminantes já que a troca de ar não é efetuada na mesma divisão.

Em determinadas épocas do ano o sistema pode funcionar em “*free cooling*”. O princípio aplicado é o aproveitamento da baixa temperatura do ar exterior para arrefecer o interior com um baixo consumo, ou vice-versa, proporcionando uma redução no consumo energético significativo e um maior conforto interior.

O controlo destas unidades é efetuada em um quadro individual para cada unidade, localizados no segundo piso do edifício, como ilustrada na Figura 41.



Figura 41 Quadro de controlo do sistema HRV

Foi verificado que ambas as unidades se encontram desligadas no sistema de controlo, o que ninguém soube justificar o motivo, sendo que este era desconhecido até àquele momento. Desta forma a troca de ar e a recuperação de energia, não está a ser efetuada.

Foi também observado que em paralelo a cada recuperador, existe uma **Unidade de Ventilação (UV)**, para criar uma ventilação forçada no edifício, esta unidade encontra-se ininterruptamente em funcionamento, sem qualquer tipo de sensor de monitorização. Este apenas efetua a extração do ar através das mesmas condutas dos recuperadores, mas sem nenhum tipo de recuperação, sendo a insuflação de ar natural. Estas duas unidades estão equipadas com um interruptor de emergência para cumprimento da Norma UNE-EN 60204-1. São da marca Troia modelo CUBUS 4 [60] com uma potência de 300W e com uma capacidade de 650m³/h, equipadas com ventiladores *plug-fan* e motores de alta eficiência energética e de baixos níveis de ruído, sem seletor de velocidades. Na Figura 42 é possível observar uma dessas unidades, conectada por um T à conduta principal, antes de entrar na unidade HRV.



Figura 42 UV - Unidade de ventilação

A ventilação tem como objetivo principal, criar pressão negativa no edifício, removendo elementos indesejáveis existentes no ar interior como poeiras, gases, fumos, odores entre outros agentes, contudo esta ventilação vem tirar alguma energia térmica ao edifício.

O **auditório** possui uma unidade de climatização individual e autónoma designada no termo inglês *“RoofTop Packed Air Conditioner”*, muito similar à Unidade de Tratamento de Ar “UTA”. Esta unidade é da marca Daikin modelo UATYQ250MCY19 [61] com uma potência nominal de 27kW e 93300Btu/h de climatização. Encontra-se montada no terraço do edifício, e é responsável por climatizar e ventilar todo o auditório, por meio de condutas e grelhas difusoras de insuflação e extração. A extração do ar é efetuada ao fundo do auditório e a insuflação é distribuída por diversos difusores espalhados pelo teto do auditório permitindo uma climatização uniforme por todo o espaço. Este controla a temperatura, as trocas de ar, com a capacidade de monitorizar e corrigir o nível de CO e a humidade. Além disso, como apenas possui uma unidade no topo do edifício, o espaço torna-se completamente insonorizado. Como é possível observar na Figura 43.



Figura 43 RoofTop do Auditório

Este tipo de solução possui uma excelente qualidade do ar e conforto interior, contudo é um sistema ligeiramente menos eficiente energeticamente quando comparado ao sistema VRF. É recomendado para grandes espaços, porém pode ser igualmente instalado em locais com pequenas dimensões, mas necessita de um processo de instalação mais exigente em termos de controlo, pois é difícil, colocar diferentes temperaturas em diferentes divisões. Este equipamento, apenas entra em funcionamento quando o auditório é utilizado, já o sistema VRF está usualmente em funcionamento das 9h às 18h.

A alimentação elétrica destes equipamentos é efetuada através dos quadros elétricos parciais do terceiro piso.

Após a recolha e análise destes dados é possível efetuar uma breve conclusão do valor de consumo e da sua eficiência, como se pode observar na Tabela 13.

Tabela 13 Equipamentos de climatização

Equipamento	Qnt.	Potência de Climatização	Eficiência	Potência (kW)
VRF Unit. Exterior	1	*	3,46 EER /3,91 COP	45
VRF Unit. Interior	22	15000Btu/h	*	1,9
Split Unit. Exterior	2	23000Btu/h	3,22 EER /3,62 COP	1,9
Split Unit. Interior	2	23000Btu/h	3,21 EER /3,61 COP	6,7
HRV Recup. Entálpico	2	2000m ³ /h	*	0,69
Unidade de Ventilação	2	650m ³ /h	*	0,3
RoofTop	1	93300Btu/h	*	27
Total				132,98

Verifica-se assim que a potência total dos equipamentos de climatização constitui uma potência total de 132,98kW, contudo este valor não pode ser contabilizado para efeitos de consumo, pois como referido anteriormente os equipamentos não estão todos a funcionar simultaneamente nem continuamente, nem estes estão geralmente em funcionamento à potência máxima.

4.3.4.1 *Plano de Ações Corretivas*

Perante a análise da auditoria efetuada ao sistema AVAC descrita na secção 4.3.4, verificou-se que os equipamentos e o sistema utilizado são de grande eficiência, assim como a sua capacidade de climatização. No entanto existem dois aspetos que precisam ser corrigidos:

- O primeiro dos quais é estarem as unidades de recuperação de energia desligadas. Estas devem estar em funcionamento autónomo, efetuando a leitura dos sensores no interior do edifício para efetuar a leitura da qualidade do ar e efetuar as trocas de ar sempre que necessário. Ou então ser pré-programado o número e o horário de trocas de ar no controlador do sistema localizado no quadro de climatização do piso 2. As trocas devem ser respeitadas segunda a regulamentação exigida e para o conforto interior, a tabela simplificada das trocas de ar por espaço pode ser consultada na secção 3.4.2, Tabela 4 desta dissertação. Desta forma as unidades de ventilação forçada que se encontram no terraço e na cobertura do edifício a extrair o ar, deixam de ser necessários estar em funcionamento contínuo, libertando a energia térmica para o exterior. Permitindo desta forma, a energia térmica criada pelo sistema de climatização ser recuperada para o ar novo a ser insuflado no edifício, além disso esta unidade se estiver devidamente configurada permite o aproveitamento da energia térmica exterior para climatizar o interior, quando favorável, não sendo necessário durante este período a utilização do ar condicionado.

- O segundo aspeto importante a melhorar é o controlo nas unidades interiores do ar condicionado do sistema VRF. Estas deveriam funcionar de uma forma mais centralizada, com um horário predefinido e um bloqueio no set-point das unidades interiores. Esta prática já vem a ser aplicada à alguns anos especialmente em grandes empresas, baseia-se no limite do set-point de temperatura a um funcionamento compreendido entre os 20º e os 24º é perfeitamente suficiente, já que a regulamentação referida na secção 3.4.1, refere que a temperatura ideal neste tipo de espaços é de 22º, evitando assim consumos de energia desnecessários. Assim como os espaços com ocupação regular devem estar programados para entrar em funcionamento 1 hora antes do espaço ser ocupado. Desta forma o sistema pode ter uma resposta mais demorada, e quando o espaço for ocupado já está à temperatura desejada, assim como o equipamento pode ser desligado 1 horas antes do espaço ser desocupado, a condição de inércia térmica do edifício permite conservar a temperatura durante esse período de tempo.

4.3.5 Outros Equipamentos

Os outros equipamentos podem ser agrupados da seguinte forma:

- Sistemas informáticos e de telecomunicações: computadores, monitores, impressoras, servidores, entre outros;
- Sistemas de segurança: alarme, vídeo vigilância, sinalização de saídas de emergência;
- Eletrodomésticos: Máquinas de café, frigoríficos, máquinas de distribuição de comida e bebida.

Como não foi possível obter a ficha técnica ou informação destes equipamentos foi considerado um valor de consumo contínuo de 1kW. Sendo observado que todos os equipamentos são relativamente recentes, presumivelmente com uma boa eficiência energética. A exceção é a sinalização de saída de emergência, onde se verificou que em alguns pontos se encontram com as baterias danificadas, estando por isso continuamente ligadas, como se pode observar na Figura 44.



Figura 44 Iluminação de Emergência

Esta situação deve-se muitas vezes ao facto de a iluminação de emergência estar ligada ao disjuntor de iluminação que é desligado pelos utilizadores no período de desocupação do edifício. Em consequência a bateria destas luminárias é totalmente descarregada e muitas vezes acabam por se danificar.

4.3.5.1 *Plano de Ações Corretivas*

Tal como referido anteriormente os equipamentos contidos no edifício são desprezados para efeito de estudo de melhoria visto que a sua substituição além de dispendiosa poucos benefícios iriam-se obter, visto de estes são algo de pouco tempo de utilização.

A proposta para a substituição das baterias de iluminação de emergência encontra-se contida na Tabela 12.

4.4 *Automação*

Ao longo desta secção é elaborado e apresentado um projeto de automação das instalações elétricas de iluminação do edifício, onde são abordados alguns pontos com uma breve introdução e enquadramento à domótica.

Nesta medida é absolutamente necessário dotar a edificação de meios técnicos que, de forma automática e independente da intervenção humana permitam o controlo técnico. Por outro lado, e tão importante como os meios de deteção automática e a capacidade de resposta dos seus equipamentos integrantes, pela fiabilidade e imunidade a falhas.

A automação tem como intenção ajudar o controlo da iluminação, climatização, e iluminação natural, de forma a economizar energia e simplificar tarefas tendo em consideração o conforto dos utilizadores, justificando sempre as soluções propostas.

Um dos aspetos mais relevantes da área da automação é a adoção de medidas adequadas de acordo com as necessidades de cada utilização e cliente.

Para alcançar os objetivos pretendidos, foi necessário dividir o projeto em partes:

- Análise da planta e descrição da solução a adotar;
- A elaboração do projeto em AutoCad com a indicação da localização dos equipamentos;
- Lista de pontos;
- Análise dos fabricantes e dos produtos existentes no mercado, e a especificação técnica dos equipamentos;
- Realização do orçamento;
- E por fim, a análise de eficiência e custos.

4.4.1 *Descrição do Sistema*

Na Descrição do Sistema também designada de Memória Justificativa idealiza e descreve de forma simplificada o tipo de solução domótica a adotar e como ela deve funcionar, tendo em conta as instalações técnicas já existentes e a sua utilização.

O sistema a propor tem o objetivo de controlar os sistemas de iluminação, climatização e iluminação natural (estores).

A arquitetura da infraestrutura de rede elétrica usual para a automação é do tipo KNX [62] ou similar, onde todos os pontos de controlo são derivados aos quadros elétricos, onde se instalam os atuadores, e o controlo é efetuado por sensores ou pulsos conectados por um cabo bus de comunicação. Como este edifício tem uma instalação elétrica convencional e não se pretende alterar a infraestrutura da rede elétrica, o leque de opções diminuí, restam dois tipos de soluções possíveis:

- Sistemas de comunicação PowerLine [44], onde a comunicação entre estes é efetuada pela própria cablagem elétrica a uma baixa frequência;
- Sistema wireless onde toda a comunicação não necessita de uma infraestrutura física de comunicação, sendo esta a mais indicada para este tipo de solução pois é mais flexível de implementar.

4.4.1.1 *Automação para a Iluminação*

A auditoria efetuada anteriormente ao edifício, descrita na secção 4.3.3 permitiu obter uma ideologia do sistema existente e do que precisa de ser melhorado. Num exemplo prático verificou-se que a iluminação dos halls e corredores, encontra-se ligada durante vários períodos do dia em que a luz natural captada pelos envidraçados é suficiente para a iluminação do local. O mesmo acontece em diversas salas e gabinetes, e até mesmo ficarem ligadas sem ocupação do espaço. Isto acontece porque não existe nenhum tipo de controlo entre a iluminação existente no local e a sua ocupação. Por esse motivo é apresentado um conjunto de soluções de automação com a finalidade evitar esse tipo de situações.

A solução passa por integrar um conjunto de atuadores e detetores que efetuam um controlo centralizado. Algumas das vantagens e funcionalidades do controlo automatizado são:

- Desligar a iluminação do espaço quando o espaço não é ocupado ou quando este tem iluminação suficiente;
- Controlar os estores perante a iluminação exterior;
- Controlar a intensidade luminosa mediante a iluminação natural;
- Evitar radiação direta e ofuscamento quando o espaço se encontra ocupado;

- Controlar a iluminação exterior mediante a luminosidade, evitando que esta fique ligada durante o dia;
- Controlar horários para a iluminação e climatização.

Este controlo é efetuado nos atuadores, que recebem a informação dos detetores e identificam quando há ou não presença no respetivo espaço, como é possível visualizar na Figura 45.

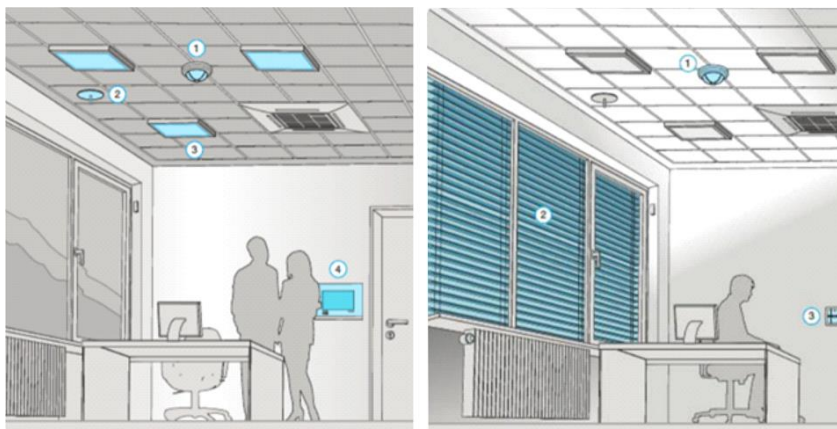


Figura 45 Controlo de iluminação com e sem luz natural [63]

Para completar a solução e torna-la mais eficiente, os atuadores de dimmer permitem controlar a intensidade luminosa. Contudo apesar de este trazer uma grande redução do consumo de energia, os atuadores de dimmer têm um custo de aquisição elevado, podendo custar 150€ cada atuador. Este controlo é efetuado pela leitura do detetor de iluminação exterior localizado na janela e um interior localizado ao centro do teto da divisão. O seu funcionamento é exemplificado da seguinte maneira:

- Sem presença e com ou sem luz natural => Iluminação DESLIGADA;
- Com presença e com luz natural de forte intensidade => Iluminação LIGADA 30%;
- Com presença e com luz natural de média intensidade => Iluminação LIGADA 60%;
- Com presença e com luz natural de pouca intensidade => Iluminação LIGADA +90%.

Na prática a iluminação dos ambientes é controlada automaticamente pela presença e a quantidade de luminosidade exterior. Isto origina um tempo de vida útil das luminárias mais elevado e um consumo de energia mais reduzido. Na Figura 46 é possível verificar a comparação entre os sistemas.

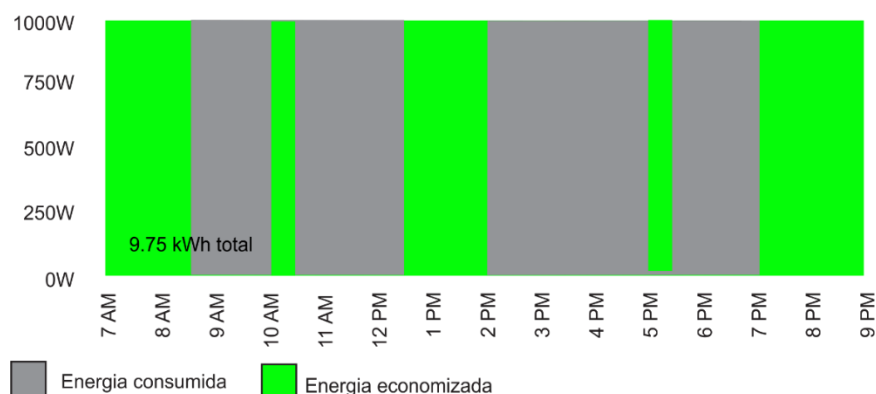


Figura 46 Controlo de presença

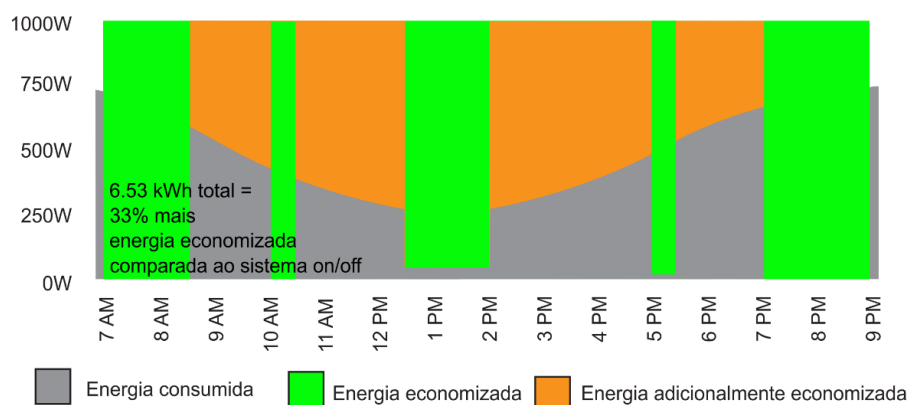


Figura 47 Controlo de intensidade luminosa

Além disso o conforto e eficiência de iluminação é extremamente superior em comparação às soluções convencionais.

É possível também instalar um painel ou interruptor de cenários em que são programados botões para efetuar diferentes cenários, na prática os cenários mais usuais são o corte geral de iluminação, isto serve para que quando o edifício é desocupado ao fim do dia, o mesmo pode ser programado para fechar os estores, desligar os sistemas de climatização, ligar a iluminação exterior, assim como a solução invertida para o início de ocupação do edifício, toda a configuração é completamente configurável.

4.4.1.2 Automação para a Climatização

Os sistemas convencionais sem automação ou monitorização carecem de algumas fragilidades no que diz respeito ao aproveitamento de energia. Um fator observado é o sistema ficar ligado mesmo quando o espaço não tem ocupação, como também o

set-point de temperatura dos equipamentos ser definido manualmente no termostato. Esta situação leva ao funcionamento excessivo, que representa um consumo de energia sem utilidade.

Já nos sistemas de climatização com monitorização, permite que o controlo dos equipamentos e dos espaços de uma forma mais robusta, com monitorização também da abertura de portas e janelas.

Os sistemas de automação centralizada permitem que todos os sistemas comuniquem entre si, obtendo um controlo mais refinado. Os detetores de presença além de enviarem informação para o sistema de controlo de iluminação podem enviar também essa informação para os sistemas de climatização de forma a controlar a disponibilidade do sistema de AVAC. Em conjunto com o termostato instalado na parede de cada espaço, a aproximadamente 1,20 metros de altura, efetuando assim a monitorização da temperatura à altura da área de trabalho, como observado na Figura 48.

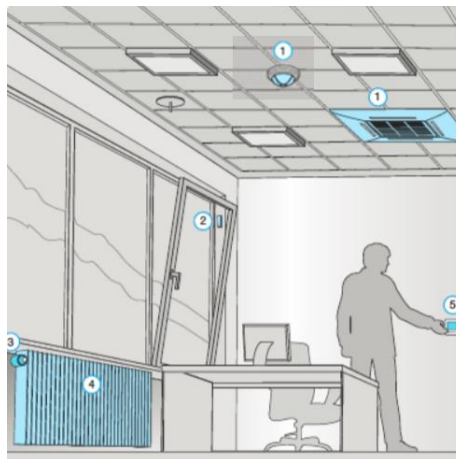


Figura 48 Controlo da climatização [55]

O controlo automatizado e monitorizado do sistema de climatização é possível através de um módulo ligado à unidade central do sistema de ar-condicionado VRF, pois esta já comunica por um bus com as unidades interiores, a sua ligação é ilustrada na Figura 49.

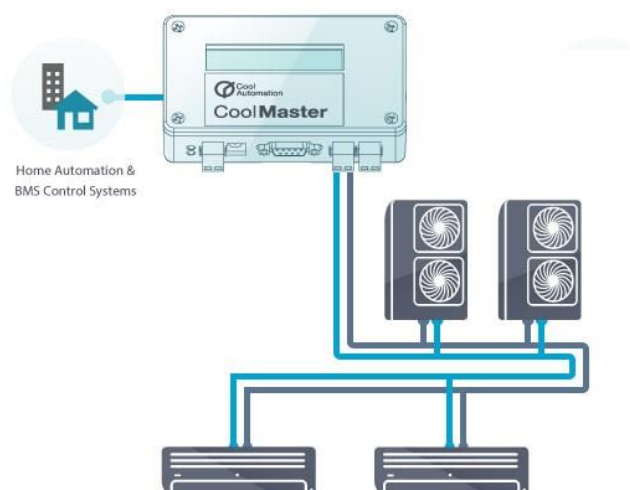


Figura 49 Comunicações com o sistema VRF [64]

Desta forma é possível comunicar com o sistema de climatização, colocando o sistema a funcionar de acordo com os valores recebidos pelos detetores. É necessário salientar que cada tipo de climatização pode usar diferentes módulos de controlo.

O módulo do controle de iluminação não está descrito na planta do projeto, pois este deve ser montado na unidade de climatização localizada na cobertura do edifício.

4.4.1.3 Automação para a Iluminação Natural

O sistema atual de proteção solar é manual e geralmente ignorado pelos utilizadores, o que inviabiliza o aproveitamento da iluminação natural, já que se encontra desajustado na maioria do tempo, ficando os estores fechados quando existe iluminação artificial, o mesmo acontece com a captação de energia térmica.

Um outro aspeto não tanto relevante no que diz respeito ao consumo de energia, mas com algum interesse na estética do edifício, diz respeito à uniformidade e organização dos estores visíveis do exterior através dos envidraçados, como é possível observar na Figura 50.



Figura 50 Comparação do sistemas de proteção solar [65]

Desta forma é apresentado uma solução autónoma e de fácil instalação, já que a instalação atual não dispõe de infraestrutura de energia para o controlo de estores.

O controlo do sistema é efetuado de acordo com o valor de luminosidade exterior através da informação lida dos sensores externos posicionados no envidraçado de cada fachada do edifício. Esta informação é combinada com o valor de luminosidade, ofuscamento e temperatura interior, recebido por outro sensor posicionado no centro do teto da divisão. O sistema vai posicionar os estores na melhor posição para o aproveitamento da iluminação natural, com o ajuste do ângulo de inclinação para impedir o ofuscamento, e não existir radiação direta a perturba os utilizadores, como observado na Figura 51.

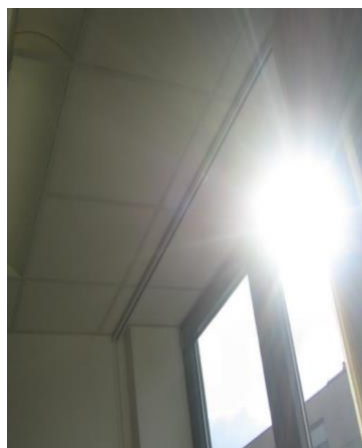


Figura 51 Radiação direta e ofuscamento

Por esse motivo é importante o sistema estar conectado ao sistema de climatização, para que este se comporte de forma a efetuar o melhor aproveitamento térmico. Um exemplo simples é caso o espaço esteja a uma baixa temperatura e o espaço esteja desocupado, em que o sistema pode abrir os estores completamente para uma elevada absorção da energia térmica. As persianas são movidas de acordo com posicionamento do sol durante o dia.

Assim é possível obter reduções de consumo de energia até 20% no que diz respeito ao consumo da iluminação e climatização [66], [67].

4.4.1 *Lista de Pontos*

Nesta subsecção são apresentados todos os pontos necessários para a automação do edifício. Tendo em consideração a atual instalação do edifício visto que não se pretende alterar a infraestrutura elétrica do mesmo.

Nas tabelas 14 à 17 são apresentados os referidos pontos de automação.

Tabela 14 Pontos de automação do piso 0

Divisão	Descrição	Tipo	Qnt.
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	3
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
WC	*	*	*
WC	*	*	*
WC	*	*	*
Hall de WC	*	*	*
OpenSpace	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Detetor de Presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	4
	Controlo de estore	Controlo	2
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	4
	Controlo de estore	Controlo	2
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	3
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Auditório	*	*	*
Bar	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	6
	Controlo de estore	Controlo	4
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Ascensor	Interruptor / Atuador	On/Off	1
Entrada	Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Hall	Atuador c/Dimmer	Dimmer	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1

Tabela 15 Pontos de automação do piso 1

Divisão	Descrição	Tipo	Qty.
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Corredor	Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
WC	Atuador	On/Off	1
	Detetor de presença	Sensor	1
WC	Atuador	On/Off	1
	Detetor de presença	Sensor	1
Arrumos	Interruptor / Atuador	On/Off	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1

Tabela 16 Pontos de automação do piso 1 (continuação)

Divisão	Descrição	Tipo	Qty.
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de luminosidade exterior	Sensor	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Biblioteca	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de luminosidade exterior	Sensor	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Gabinete	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de luminosidade exterior	Sensor	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Hall dos gabinetes	Atuador	On/Off	1
	Detetor de presença	Sensor	1
Gabinete	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	4
	Controlo de estore	Controlo	2
	Detetor de luminosidade exterior	Sensor	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Gabinete	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	3
	Controlo de estore	Controlo	2
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Gabinete	Interruptor / Atuador c/Dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	2
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Corredor	Atuador c/Dimmer	Dimmer	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Hall	Atuador c/Dimmer	Dimmer	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1

Tabela 17 Pontos de automação do piso 2

Divisão	Descrição	Tipo	Qty.
WC	Interruptor / Atuador	On/Off	1
Oficina	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Hall	Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Hall da oficina	Atuador c/Dimmer	Dimmer	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	2
	Controlo de estore	Controlo	2
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	1
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Sala de redes	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	2
	Controlo de estore	Controlo	1
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1
Oficina	Interruptor / Atuador c/dimmer	Dimmer	1
	Estore	Motor	2
	Controlo de estore	Controlo	2
	Detetor de presença / Luminosidade	Sensor	1

Estes pontos estão também definidos na planta do projeto de automação desenvolvido em AutoCad, que podem ser consultados nos anexos:

Anexo I-A Planta do projeto de automação do piso 0

Anexo II-B Planta do projeto de automação do piso 1

Anexo III-C Planta do projeto de automação do piso 2

4.4.2 Especificação Técnica de Equipamentos

Depois de uma longa pesquisa e análise de soluções de automação com uma boa eficiência relação qualidade/preço, de forma a se obter um sistema robusto e fiável a um custo economicamente viável, propõem-se a tecnologia VIVE da Lutron [68], como uma boa aposta para responder as necessidades exigidas. A Lutron é uma empresa com mais de 50 anos a desenvolver sistemas de automação de energia para edifícios, com um leque variado de soluções, distinguiu-se a tecnologia VIVE pela sua fácil instalação e configuração, desenhada especialmente para responder a necessidades de instalações convencionais e a baixo custo. Esta tecnologia comunica por wireless, a uma frequência de 434MHz, podendo ser os seus equipamentos de controlo alimentados a partir da rede ou a bateria, com uma durabilidade garantida pelo fabricante de mais de oito anos [69].

O funcionamento desta tecnologia é ilustrado na Figura 52.



Figura 52 Arquitetura de comunicação da tecnologia Vive da Lutron [70]

Já na Figura 53 é possível observar um exemplo prático de uma planta facultada pelo fabricante onde a tecnologia Vive é implementada, sendo a verde os atuadores que recebem a informação via wireless dos detetores e pulsos, ilustrados a pontos coloridos, distribuídos pelos diversos espaços.



Figura 53 Arquitetura do sistema wireless da Lutron [71]

A programação e configuração é simples podendo ser efetuada por smartphone, computador. Por meio de smartphone ou computador é ainda possível o controlo do sistema, consultar consumos, histórico de estados, consultar e configurar alarmes de avarias e falhas, programar horários de funcionamento, entre outros.

De acordo com a lista de pontos definida na secção anterior, são necessários diferentes tipos de equipamentos, aqui são definidos os equipamentos necessários, todos eles do fabricante Lutron.

Para o controle de iluminação On/Off é proposto o pulsor pressão modelo “PD-5S-DV-XX” e para os pontos com controlo de intensidade luminosa os pulsosres com dimmer modelo “MRF2-6CL-XX”. Ambos com comunicação wireless, alimentados e controlo direto de energia [72]. Estes são ilustrados na Figura 54, estando disponíveis em vários materiais e cores.

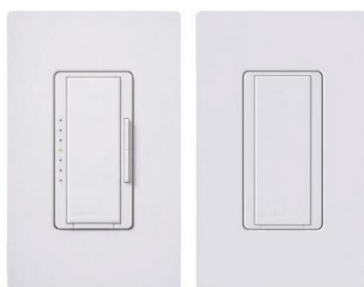


Figura 54 Pulsores Lutron [72]

Para o controlo de iluminação dos WC e arrumos, onde o controlo de iluminação é efetuado de forma autónoma, é proposto os atuadores (on/off) modelo “RMJ-5R-DV-B”. Já para os Hall’s com iluminação natural o modelo “RMJ-ECO32-DV-B” com dimmer para controlo de intensidade luminosa. Ambos os atuadores têm comunicação wireless que podem ser controlados pela leitura dos sensores ou manualmente quando desejado, ver Figura 55 [71].



Figura 55 Atuador Lutron

Em termos de detetores são propostos: os detetores de luminosidade exterior modelo “LRF2-SSM”; os detetores de presença modelo “LRF2-VCR2B-P-WH”; os detetores de presença e luminosidade interior “LRF2-DCRB”. Todos têm comunicação wireless e bateria, de fácil instalação e de calibração, com regulação ajustável, apresentados na Figura 56 [73].



Figura 56 Sensores Lutron

Já para o controlo da climatização é proposto o equipamento com o modelo “LR-HVAC-PKG-WH” que permite limitar a bloquear as funções pretendidas já definidas anteriormente [74].



Figura 57 Controlador de climatização

Para a proteção solar, ajuste da iluminação natural e ofuscamento é proposto o sistema “Sivoia QS Wireless” da Lutron. Esta solução consiste em um sistema de estores interiores, em que se dispõem de um leque muito variado de materiais, cores, texturas, com motores alimentados a baterias com uma duração mínima garantida pelo fabricante de oito anos, e de controlo Wireless [75]. Sendo ideal para este tipo de infraestrutura onde não existe alimentação elétrica para os motores, os estores precisam de ser encomendados à medida. Na Figura 58 é possível observar um exemplo do sistema.



Figura 58 Estores Lutron [75]

Este sistema além de autónomo pela leitura dos sensores de luminosidade interior e exterior, pode ser também comandado por um comando ou Smartphone/PC.

4.4.3 Mapa de Quantidades e Orçamento

Nesta secção são quantificados e referenciados os materiais propostos e necessários para a execução das medidas anteriormente apresentadas com o intuito do aumento do conforto e da eficiência energética no edifício. Os materiais são subdivididos por

pisos, e por área de atuação, isto porque são apresentados os custos dos materiais, e ao estarem subdivididos é possível calcular os valores de investimento por cada tópico, para que possa ser calculado o custo de investimento, a redução de potência de consumo e o retorno do investimento.

Tabela 18 Equipamentos de automação propostos

Piso	Descrição	Qnt.	Referência	Preço Unit. [76]	Preço
piso 0	Interruptor de pressão c/wireless	2	PD-5S-DV-XX	89,00 €	178,00 €
	Interruptor de pressão c/dimmer e c/wireless	5	MRF2-6CL-XX	130,00 €	650,00 €
	Atuador c/dimmer e c/wireless	1	RMJ-ECO32-DV-B	150,00 €	150,00 €
	Detetor de Luminosidade e Presença c/wireless	7	LRF2-VCR2B-P-WH	102,00 €	714,00 €
piso 1	Interruptor de pressão c/dimmer e c/wireless	15	MRF2-6CL-XX	130,00 €	1 950,00 €
	Actuator on/off c/wireless	2	RMJ-5R-DV-B	89,00 €	178,00 €
	Atuador c/dimmer e c/wireless	2	RMJ-ECO32-DV-B	150,00 €	300,00 €
	Detetor de Luminosidade e Presença c/wireless	14	LRF2-VCR2B-P-WH	102,00 €	1 428,00 €
	Hub Wireless / Wi Fi	1	HJS-1	230,00 €	230,00 €
piso 2	Interruptor de pressão c/wireless	3	PD-5S-DV-XX	89,00 €	267,00 €
	Interruptor de pressão c/dimmer e c/wireless	6	MRF2-6CL-XX	130,00 €	780,00 €
	Atuador c/dimmer e c/wireless	4	RMJ-ECO32-DV-B	150,00 €	600,00 €
	Detetor de Luminosidade e Presença c/wireless	8	LRF2-VCR2B-P-WH	102,00 €	816,00 €
	Controlador HVAC	1	LR-HVAC-PKG-WH	190,00 €	190,00 €
Total					8 241,00 €

Ao se considerar que a automação evita o consumo de energia elétrica nos períodos sem utilização e que controlo da intensidade luminosa, aproveitando a iluminação natural vai reduzir significativamente o consumo de energia e considerando a percentagem de poupança de energia na iluminação definida pelo fabricante ilustrada na Figura 59 [77].

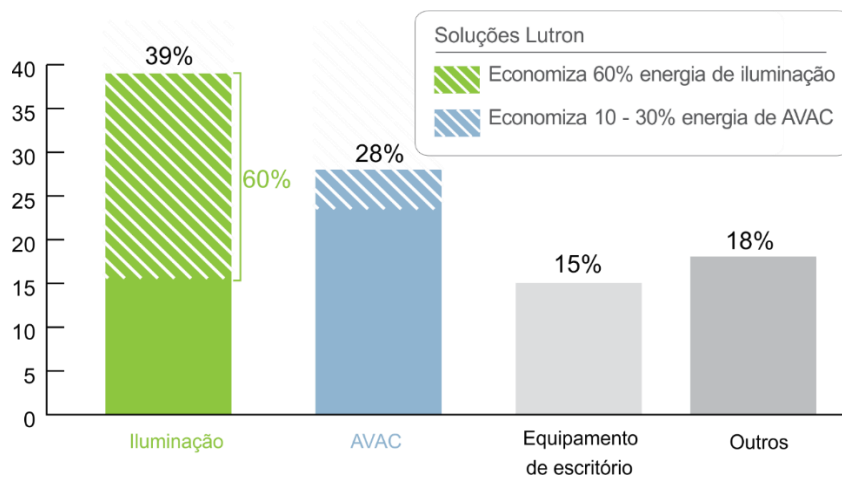


Figura 59 Relação da poupança de energia [78]

Com este tipo de solução apresentada de automação, são apontados em soluções equivalentes [79] uma redução de consumo de iluminação na ordem dos 60%.

Na figura 60 são ilustradas as várias poupanças na iluminação. As várias percentagens de poupança de energia não são somadas já que estas muitas vezes se sobrepõem, os 60% são retirados da relação entre elas.

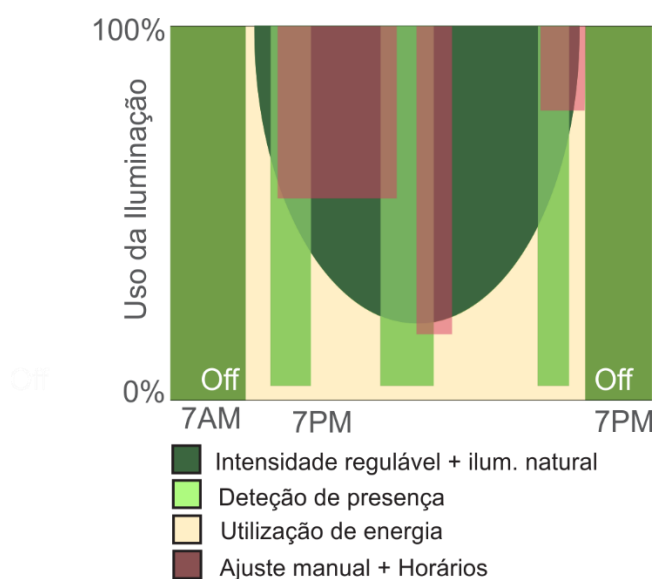


Figura 60 Poupança de energia [80]

O custo associado à implementação desta medida é estimado que seja na ordem dos 8241,00€, no entanto os valores apresentados, são valores de referência, podendo assim ser renegociado para quantidades relevantes. Contudo o valor de mão-de-obra da instalação está a ser desprezado devido à falta de informação orçamental precisa.

Ao se considerar o consumo de energia em iluminação de 36702,1kW e ao se subtrair a percentagem correspondente à redução de potência instalada na iluminação a um custo de 0,16€/kWh, prevê-se assim uma poupança de $(36702,1\text{kW} \times 0,60) \times 0,16\text{€} = 3523,40\text{€}$ por ano. Desta forma o investimento é possível ser amortizado em cerca de dois anos e meio.

Na Tabela 19 é possível ver o orçamento dos equipamentos necessários para automatizar os estores.

Tabela 19 Equipamentos de Proteção solar propostos

Piso	Descrição	Qnt.	Referência	Preço Unit.	Preço
piso 0	Estore Interior c/wireless 1,30m	20	Cyprus Collection 50"	428,00 €	8 560,00 €
	Controlo Remoto	10	PJ2-3BRL-WH-L01R	21,00 €	210,00 €
piso 1	Estore Interior c/wireless 0,50m	1	Cyprus Collection 20"	372,00 €	372,00 €
	Estore Interior c/wireless 1,30m	20	Cyprus Collection 50"	428,00 €	8 560,00 €
	Estore Interior c/wireless 2,60m	4	Cyprus Collection 100"	536,00 €	2 144,00 €
	Controlo Remoto	23	PJ2-3BRL-WH-L01R	21,00 €	483,00 €
	Detetor de Luminosidade Exterior c/wireless	4	LRF2-SSW	85,00 €	340,00 €
piso 2	Estore Interior c/wireless 0,50m	1	Cyprus Collection 20"	372,00 €	372,00 €
	Estore Interior c/wireless 1,30m	6	Cyprus Collection 50"	428,00 €	2 568,00 €
	Estore Interior c/wireless 2,60m	2	Cyprus Collection 100"	536,00 €	1 072,00 €
	Controlo Remoto	9	PJ2-3BRL-WH-L01R	21,00 €	189,00 €
Total					24 870,00 €

Com a implementação desta medida, segundo vários estudos prevê-se uma redução no consumo de energia dos equipamentos de climatização na ordem dos 10%, como possível observar na Figura 59 e nas referidas referências.

O custo associado à implementação desta medida é estimado que seja na ordem dos 24.870,00€. No entanto os valores apresentados, são valores de referência, podendo assim ser renegociado para quantidades relevantes. Contudo o valor de mão-de-obra da instalação está a ser desprezado devido à falta de informação orçamental precisa, sendo este o investimento com maior peso, devido às características do material, já que comporta todos os estores e mecanismos dos estores. Segundo os estudos, o AVAC tem um peso de 28% no consumo global de energia em edifícios de serviços [78].

Ao ano resulta em um consumo de $94.108\text{kW} \times 0,28 = 26.350,2\text{kW}$, ao se subtrair a percentagem correspondente à redução de consumo de energia do sistema AVAC de 10% a um custo de 0,16€/kWh, prevê-se assim uma poupança na ordem dos 26.473kW

$\times 0,10 = 2.635,02\text{kW}$, o que corresponde a $2.635,02\text{kW} \times 0,16\text{€} = 423,57\text{€}$ ao ano, o que torna o tempo de retorno em relação ao investimento necessário inexequível.

4.5 *Discussão dos Resultados*

Ao longo desta primeira parte do caso de estudo foi possível analisar que forma a energia está a ser consumida no edifício e alguns conjuntos de pontos que precisam de ser corrigidos nessa vertente e na vertente de aumentar a eficiência energética do edifício, foram propostos um conjunto de melhorias de equipamentos e luminárias, de forma a diminuir esse consumo com um impacto relevante, como referido e referenciado nas subsecções anteriores.

Foi também apresentado o custo dos materiais o que foi possível calcular o valor de investimento inicial e o tempo de retorno que essa medida ter, contudo os valores apresentados, são valores de referência, podendo assim ser renegociado para quantidades relevantes. No entanto o valor de mão-de-obra da instalação dos equipamentos foi desprezado por falta de informação orçamental precisa.

Os valores calculados e previstos de poupança de energia foram satisfatórios assim como os tempos de retorno de investimento inicial com a exceção dos equipamentos de proteção solar que requerem um investimento muito elevado já que estes constituem todos os estores e os seus mecanismos, e apenas conseguem uma pequena poupança de energia, no entanto não pode ser ignorado o conforto que estes oferecem.

O sistema de proteção solar torna-se mais vantajoso quando a instalação é nova, sendo que a diferença de investimento já não é tão elevada, ao contrário da situação atual que já existem instalados estores manuais.

Quanto as medidas corretivas por parte da iluminação se implementadas em conjunto verifica-se uma redução anual de consumo de energia na ordem dos $(36702,1\text{kW} \times 0,56) + ((36702,1\text{kW} \times (1-0,56)) \times 0,60) = 30242,5\text{kW}$ o que representa $4\,838,80\text{€}$ por ano, sendo possível desta forma obter um tempo de retorno de $(4\,313,00\text{€} + 8\,241,00\text{€}) / 4\,838,80\text{€}$ em menos de três anos, considerando-se desta forma uma medida eficiente e um bom investimento.

4.6 *Projeto de um Sistema Fotovoltaico*

Nesta secção é projetado um sistema fotovoltaico, a ser instalado na parte superior do edifício PDF. Este estudo é para uma solução do tipo fixa, com inclinação adicional, em

regime de autoconsumo ligado à rede apenas de entrada, cumprindo com todos os requisitos impostos pela legislação em vigor, referidos na secção 2.2.2 desta dissertação.

Antes que se comece a projetar o sistema é necessário verificar, se não existem obstáculos para o uso desta solução, desta forma é necessário verificar, se estão reunidas as condições para a implementação deste sistema, tal como:

- Espaço disponível para a potência a instalar;
- Cobertura solar direta durante todo o período diário;
- Horário de ocupação do edifício;
- Regulamentação aplicável.

Para que este dimensionamento seja efetuado corretamente é necessário seguir uma metodologia, tomando em conta as seguintes etapas:

- Análise do local;
- Identificação da potência necessária;
- Escolha dos equipamentos;
- Dimensionamento da estrutura;
- Dimensionamento de cabos e proteções.

Desta forma irá ser possível analisar a viabilidade e eficiência da solução.

4.6.1 *Análise do Local*

Nesta fase é examinado o local disponível para a instalação dos painéis solares no edifício, a fim de apurar, se estão reunidas as condições necessárias para a implementação dos mesmos. Assim como dos quadros de proteção, inversores e o ponto de ligação de energia.



Figura 61 Arquitetura paisagística do edifício

Na Figura 61 é possível identificar o edifício e toda a sua envolvente, verificando desta forma que não existe qualquer obstrução da radiação solar durante as diferentes posições do sol ao longo do dia. É possível também verificar a azul transparente o espaço disponível para a instalação dos painéis, refazendo este um total de 316.27m² disponíveis. No ponto laranja é o local onde a cablagem pode descer até ao quadro principal de distribuição de energia.

Um outro ponto importante a verificar ainda nesta fase inicial é a existência de algum impacto paisagístico, por vezes pode ser necessário optar por soluções fotovoltaicas com um design mais exigente, contudo neste edifício, o sistema fotovoltaico torna-se quase invisível à vista a partir do solo.

4.6.2 Trajetória Solar

Antes de se estruturar a organização dos módulos fotovoltaicos é necessário identificar a trajetória do sol para que seja possível definir o azimuth para os módulos fotovoltaicos.

Existem diversas ferramentas gratuitas disponíveis na internet para obter estes dados, depois de alguns ensaios, optou-se pela plataforma “Sun Earth Tools” [81], para calcular a posição do sol referente à posição geográfica do edifício, como a órbita da Terra em torno do Sol não é linear e o eixo de rotação, não é perpendicular à órbita, a

trajetória do sol não é a mesma durante todo o ano, então definiu-se o cálculo para a data de 15/04/2016, sendo esta intermédia entre o Verão e o Inverno, obtendo a trajetória solar nas diferentes horas do dia, desde que nasce até se por, ilustrada na Figura 62.

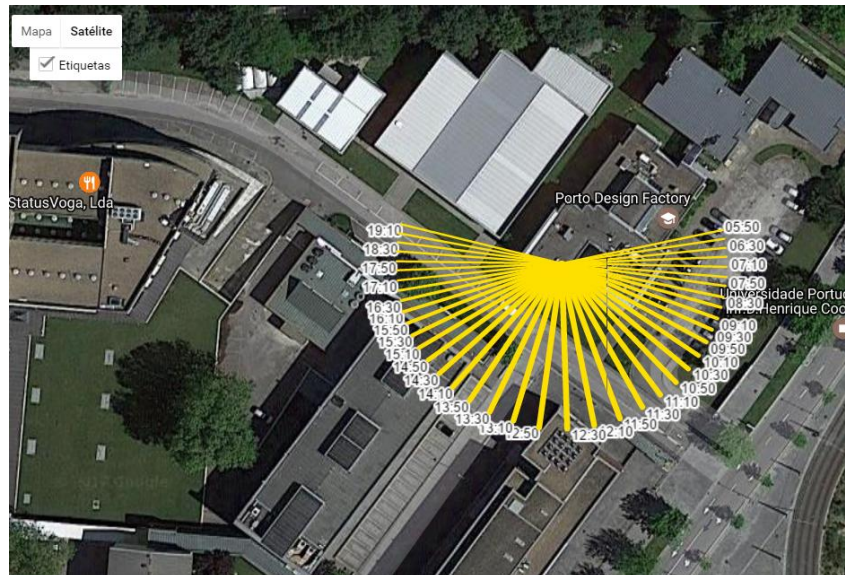


Figura 62 Trajetória solar

Desta forma verifica-se que o azimute ideal para os painéis é de 0° (virados a Sul), o relatório completo da trajetória solar pode ser consultado no **Anexo VI**.

Mas como este ângulo não é perpendicular ao edifício, formavam-se problemas na organização das fileiras, então o ideal é ficarem virados a Sul, mas perpendiculares ao edifício.

Conduto é necessário obter o ângulo de azimute pois este é necessário para calcular a elevação e para a simulação.

Com o auxílio da mesma ferramenta [81] é possível obter o ângulo de azimute como se pode verificar na Figura 63, sendo este de 36.97°.

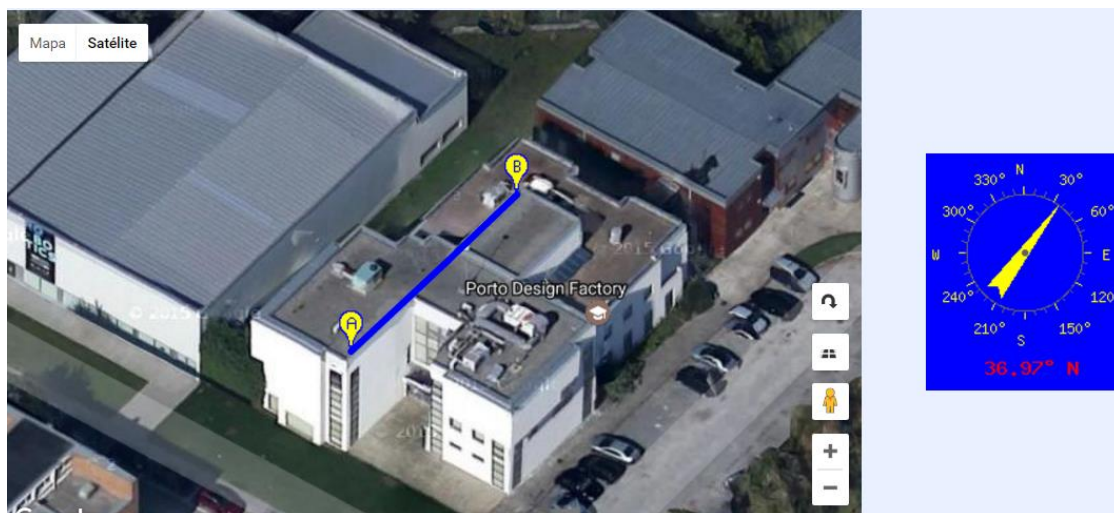


Figura 63 Azimute dos módulos

4.6.3 Cálculo de Elevação

Neste ponto, para ser possível organizar as fileiras, calcular o número de painéis e a potência a instalar no espaço disponível, é necessário calcular o ângulo de elevação dos módulos, pois este influencia a distância entre as fileiras. Apesar deste valor ser muitas vezes predefinido para as diferentes latitudes geográficas, pois a latitude da localização geográfica é idêntica ao ângulo de elevação necessário para os módulos, se e apenas se o azimuth dos módulos for de 0° . Caso contrário, como é o desta solução, o ângulo de elevação deve ser sempre calculado.

No caso dos painéis seguidores, não existe esta preocupação, pois o ângulo é ajustado automaticamente pela estrutura ao longo do dia, já em soluções fixas instaladas em telhados, apesar de haver um melhor aproveitamento do espaço e uma economia na estrutura, o problema agrava-se, pois não é possível ajustar nem o azimuth nem o ângulo de elevação. Contudo este problema apenas é agravado nos sistemas em autoconsumo, pois se os módulos estiverem com um ângulo de elevação superior ao ideal o sistema vai produzir ligeiramente mais energia nos períodos em que o sol está baixo e ligeiramente menos quando o sol está alto. Quando a solução é para venda à rede, não é tão grave pois o que produziu menos em um período vai produzir mais no outro, aproximadamente.

Para calcular então o ângulo de elevação corretamente recorreu-se ao auxílio da plataforma do Instituto Europeu de Energia desenvolvida pelo centro de investigação da unidade de energias renováveis [82] criaram um modelo matemático, com base na base de dados de radiação de dados recolhidos regularmente pela Agencia Espacial Europeia, esta plataforma auxilia, otimiza e simula os sistemas. Através da introdução das coordenadas geográficas do local e o azimuth, o modelo matemático vai calcular o

melhor ângulo de elevação com maior rendimento para o sistema, obtendo o resultado de 32º de elevação para os módulos.

Figura 64 Configurações para ângulo ótimo de elevação

Este ângulo tem uma importância crucial para a eficiência do sistema, esta ferramenta é muitas vezes também utilizada para calcular o ângulo dos painéis solar de aquecimento de águas sanitárias.

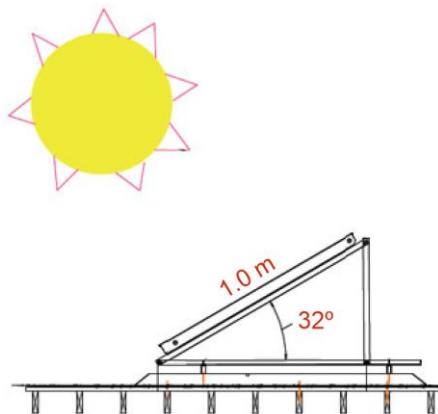


Figura 65 Ângulo ótimo de elevação

4.6.4 *Espaçamento de Fileiras*

Neste ponto com o valor de ângulo de elevação identificado, é possível calcular a área que ocupa cada fileira.

Os módulos fotovoltaicos têm geralmente medidas compreendidas entre 164x100cm, sendo indiferente se estes se montam na horizontal ou vertical. Por motivos atmosféricos, paisagísticos e de aproveitamento de espaço, planificam-se na horizontal, resumindo por outras palavras, os módulos ao ficarem na horizontal, não vão ter tanta resistência ao vento, ficam mais escondidos com vista a partir do solo e ao estarem mais baixos não é necessário um espaçamento entre as fileiras tão grande.

Desta forma como já é conhecido a altura do módulo e o ângulo de elevação, através do cálculo trigonométrico, calcula-se assim a área da base: $\cos(32) = \frac{x}{1} \Leftrightarrow x = 0.848 * 1$, logo a base terá uma largura de 0,848m, assim é sabido que a base de cada modulo ocupa 0,848 x 1,64m.

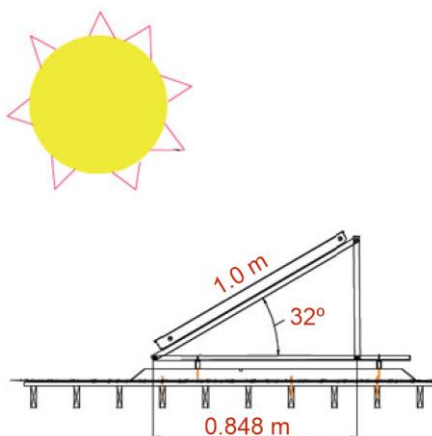


Figura 66 Base do da estrutura de um módulo fotovoltaico

Agora que é conhecido o espaço que ocupa cada módulo e cada fileira, é necessário calcular a distância entre as fileiras, para isso é necessário calcular o ângulo do Sol em relação aos painéis ao amanhecer e ao anoitecer. Como se pode verificar na Figura 62 de secção 4.6.2, o sol ao amanhecer fica perpendicular aos módulos, desta forma não irá originar sombreado, mas já ao por do Sol as fileiras de módulos originam sombra para a fileira posterior. Desta forma cria-se uma quebra de produção já que a radiação deixa de ser direta.



Figura 67 Sombreamento entre fileiras [83]

O sombreamento nos módulos fotovoltaicos é um aspecto bastante negativo, pois por menor que seja, deixa o sistema a produzir como se todo o sistema estivesse sobre sombreamento.

Para efeitos de manutenção preventiva existem algumas boas práticas para que esse tipo de falhas não tenha grande impacto na eficiência do sistema, como criar vários circuitos em paralelo com diodos de proteção, contudo muitos modelos de módulos fotovoltaicos já são fabricados com esses diodos, é uma característica importante a observar quando se está a escolher os mesmos.

Na Figura 68 é possível comparar a diferença de produção entre fileiras com e sem diodo, sendo que os valores referidos são apenas de exemplificação.

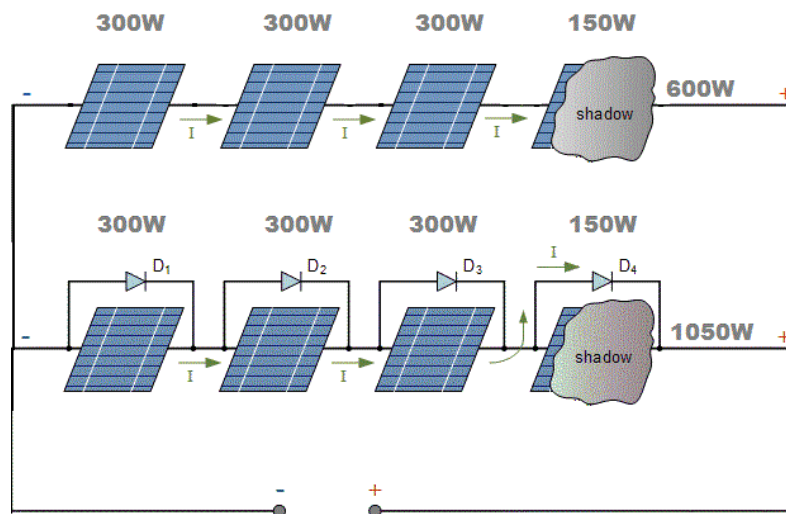


Figura 68 Bypass de diodos [84]

O ângulo do sol deve ser obtido preferencialmente em uma data compreendida entre o inverno e o verão, por meio da plataforma “Sun Earth Tools” [81] já referida anteriormente foi extraído os dados de elevação do sol ao longo do dia para o mês de dezembro.

Tabela 20 Posição solar

Posição Solar		
Data:	21/12/2016	
coordenadas:	41.1792347, -8.6064167	
local:	R. Dr. António Bernardino de Almeida 537, 4200-072 Porto, Portugal	
Hora	Elevação	Azimuth
8:00:00	-0.27°	121.62°
9:00:00	8.76°	132.03°
10:00:00	16.33°	143.8°
11:00:00	21.9°	157.12°
12:00:00	24.94°	171.75°
13:00:00	25.07°	186.93°
14:00:00	22.28°	201.64°
15:00:00	16.91°	215.09°
16:00:00	9.49°	226.99°
17:00:00	0.57°	237.51°

Nesta análise foi considerado intervalo de tempo com maior ocupação, que este se comprime entre as 09:00h e as 19:00h, sendo o sistema de climatização um dos maiores consumidores de energia constante, este para um bom conforto e eficiência deve entrar em funcionamento 1h da sua ocupação, assim como desligar 1h antes do espaço ser desocupado. Considerou-se adequado 19° para o ângulo de elevação solar, desta forma é possível calcular a distância entre as fileiras, $\tan(19) = \frac{0.529m}{x} \Leftrightarrow x = \frac{0.529m}{\tan(19)}$ o que dá arredondado 1,5m de distância entre fileiras, como se pode verificar na Figura 69.

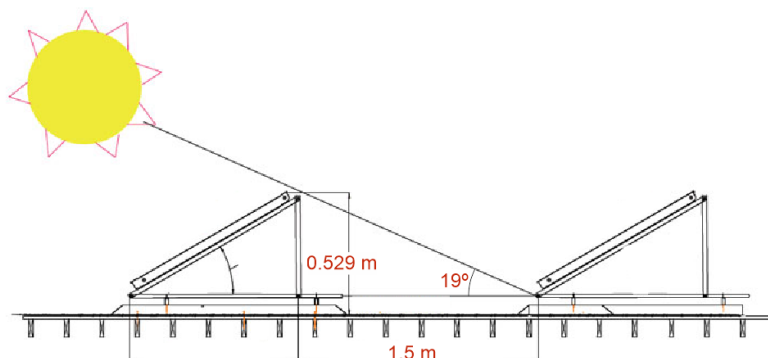


Figura 69 Espaçamento entre fileiras

4.6.5 Organização dos Módulos (Layout)

Com a planta da parte superior do edifício, é agora possível planificar a organização dos módulos por forma a aproveitar o espaço disponível, respeitando o espaço entre as fileiras.

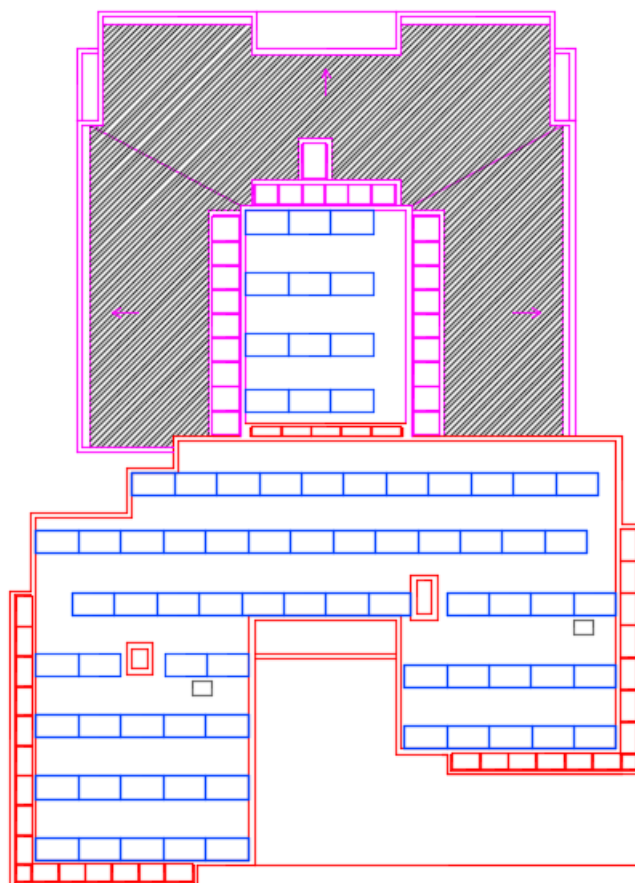


Figura 70 Organização dos módulos sobre o edifício

Considerando este layout é possível instalar 77 painéis no espaço disponível, como se pode contabilizar na Figura 70.

4.6.6 Equipamentos

Nesta fase já é possível escolher os equipamentos necessário a instalar. Esta escolha deve ter sempre em conta uma relação preço/qualidade, a qualidade deve recair sobre características de qualidade de resistência física do material, a isolamento e à sua eficiência.

A escolha dos **módulos fotovoltaicos** é o primeiro equipamento que deve ser definido, pois é a partir deste que os restantes vão ser dimensionados. Nesta pesquisa os

módulos que recaíram sobre uma melhor opção sobre as características Qualidade/Preço podem ser observados na Tabela 21.

Tabela 21 Lista de módulos

Marca	Modelo	Tecnologia	Pot.	Preço [85]	€/W	Dimensão	W/m ²
LG	Neon 2 - LG320N1C-G4	Monocristalino	320W	279,00 €	0,87	0,99*1,64m	195,1
BenQ	SunVivo PM060MW2	Monocristalino	300W	214,00 €	0,71	0,99*1,64m	182,9
BISOL	BMO-300	Monocristalino	300W	189,00 €	0,63	0,99*1,64m	184,4

Nesta tabela é também possível verificar a relação Preço/Potência e a relação Potência/Área. Desta forma é possível verificar que o modelo de painéis com os melhores resultados é o painel da BISOL de 300W. Este é composto por 60 células monocristalinas, já equipado com díodos de proteção. As suas especificações podem ser consultadas no datasheet no fabricante [86].

Com a potência do módulo é possível calcular a potência da instalação sendo esta a multiplicação dos 77 módulos pela potência nominal do módulo, logo 77x300W é igual a 23,1kW.

Com a potência do sistema definido é possível avançar para a escolha do inversor. Este deve ser de boa qualidade pois é muitas vezes responsável por grandes perdas de transformação. O inversor deve também ser ligeiramente superior à potência de 23,1kW, na Tabela 22 é possível observar os inversores ponderados.

Tabela 22 Lista de Inversores

Marca	Modelo	Potência	Preço [85]	Eficiência
SMA	TRIPOWER 25000TL	25kW	2774,00€	98.1%
Fronius	ECO 25.0-3	25kW	2500,00€	97.9%
SolarEdge	SE25K-RW N2	25kW	1991,00€	98%

Como visível na tabela as características e os preços dos inversores são muito semelhantes. Contudo ainda que o inversor com melhor a melhor relação preço/potência seja o SolarEdge de 25kW, este apenas possui um regulador Mpp o que significa, que as strings de módulos fotovoltaicos teriam de ter todas a mesma dimensão, o que nem sempre é possível. Desta forma propõem-se o Inversor SMA TRIPOWER 25000TL como uma boa escolha, mais especificações podem ser consultadas no datasheet do fabricante [87].

4.6.7 Cálculo das Strings

Com a identificação do inversor foi possível organizar a ligação dos módulos conhecido no conceito inglês de “string”, comprimento de cada conjunto de módulos ligados em série, apesar de muitas vezes ser designada de fileira. A fileira deve ser o mais longa possível, pois desta forma permite que a secção de cabo não seja muito elevada e também permite a redução de perdas por efeito de Joule.

Para efetuar este cálculo deve-se primeiramente ler a ficha técnica do fabricante do inversor e dos módulos fotovoltaicos. A tensão máxima DC do inversor é de 1000V. Para calcular o número máximo de módulos por string deve-se efetuar o seguinte cálculo tendo em conta a menor temperatura definida para o local da instalação (-5°C).

Tensão máxima:

$$V_{oc(-5^{\circ}C)} = \left(1 - \frac{30^{\circ}C * \Delta u}{100}\right) * V_{oc(STC)} \Leftrightarrow$$

$$V_{oc(-5^{\circ}C)} = \left(1 - \frac{30^{\circ}C * -0.3}{100}\right) * 40,4V \Leftrightarrow$$

$$V_{oc(-5^{\circ}C)} = 44V$$

Numero máximo de módulos ligados em série:

$$N^{\circ} \text{ máximo de módulos (em série)} = \frac{Max. Tensão}{V_{oc}(-5^{\circ}C)} \Leftrightarrow$$

$$N^{\circ} \text{ máximo de módulos (em série)} = \frac{1000V}{44V} \Leftrightarrow$$

N° máximo de módulos (em série) = 22,7. Logo 22 é o número máximo de módulos que é possível serem ligados em série.

Tensão mínima:

$$V_{mpp(75^{\circ}C)} = \left(1 + \frac{50^{\circ}C * \Delta u}{100}\right) * V_{mpp(STC)} \Leftrightarrow$$

$$V_{mpp(75^{\circ}C)} = \left(1 + \frac{50^{\circ}C * -0.3}{100}\right) * 31,6V \Leftrightarrow$$

$$V_{mpp(75^{\circ}C)} = 28,7V$$

Numero mínimo de módulos ligados em série:

$$N^{\circ} \text{ mínimo de módulos (em série)} = \frac{Min. Tensão}{V_{mpp}(75^{\circ}C)} \Leftrightarrow$$

$$N^{\circ} \text{ mínimo de módulos (em série)} = \frac{150V}{28,75V} \Leftrightarrow$$

Nº mínimo de módulos (em série) = 5,4. Logo 6 é o número mínimo de módulos que é possível serem ligados em série.

Desta forma são necessárias “ $\frac{77}{242} = 3,5$ ”, 4 string's para ligar o sistema.

Para calcular o número máximo de strings que é possível ligar ao inversor e verificar se este é suficiente efetua-se o seguinte cálculo:

$$\text{Nº String} = \frac{I_{Max} \text{ (por entrada)}}{I_{mpp}} \Leftrightarrow \text{Nº String} = \frac{33A}{9,5A} \Leftrightarrow \text{Nº String} = 3,47.$$
 Logo é possível ligar 3 strings por entrada.

O balanceamento das strings deve ser efetuado de forma a aproximar o valor da tensão do valor de tensão nominal do inversor, sendo este compreendido entre 320V e 800V.

Perfazendo 3 strings de 19 módulos, e 1 string de 20 módulos, como ilustrado na Figura 71.

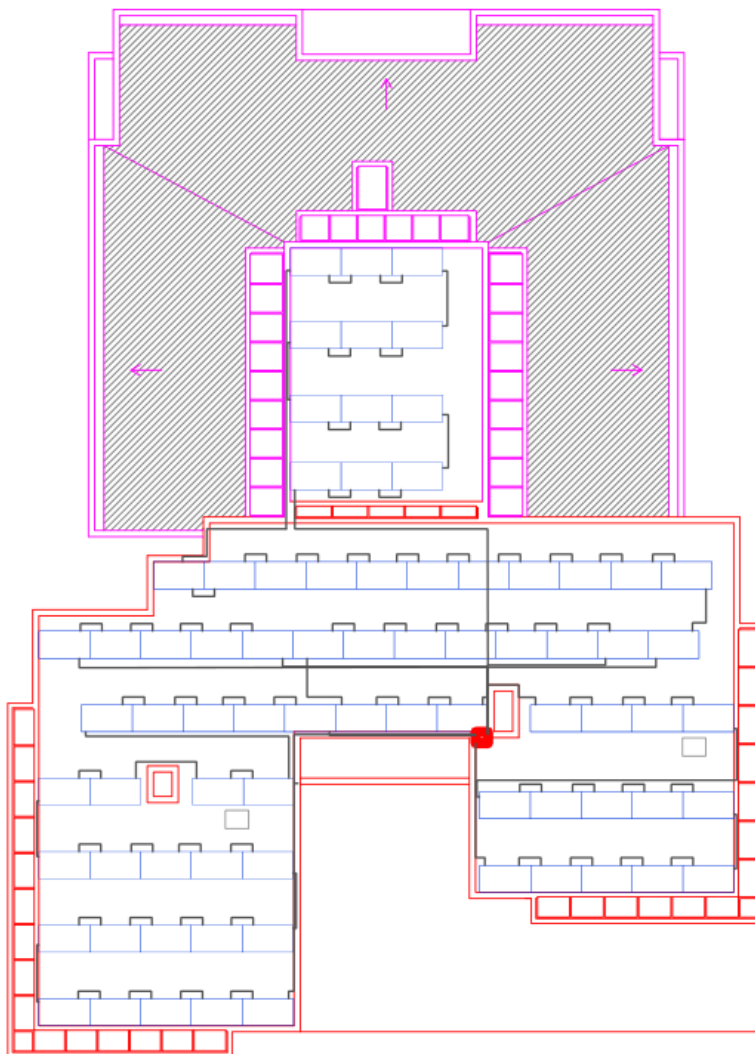


Figura 71 Arranjo das Strings

As Strings devem derivar para um quadro de proteção e onde se prevê a localização do inversor, este local tem tubagens de ligação para o quadro de alimentação do edifício.

Com o intuito de confirmar os resultados obtidos no projeto do sistema fotovoltaico, foi também realizado o mesmo projeto com o software SunnyDesign [88].

Como se pode ver na Figura 72, os resultados obtidos são exatamente iguais, o que valida desta forma os cálculos e métodos efetuados. A totalidade dos resultados são apresentados no anexo VII.

1 x STP 25000TL-30 (PV system section 1)		
Potência de pico:	23,10 kWp	 STP 25000TL-30
Quantidade total de módulos FV:	77	
Número de inversores fotovoltaicos:	1	
Potência máx. CC (cos φ = 1):	25,55 kW	
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	25,00 kW	
Tensão de rede:	230V (230V / 400V)	
Razão de potência nominal:	111 % 	
Factor de dimensionamento:	92,4 %	
Factor de desfasamento cos φ:	1	
Dados de dimensionamento fotovoltaico		
Entrada A: PV array 1		
57 x Bisol d.o.o. BMO-300 Premium, Azimute: 37 °, Inclinação: 32 °, Tipo de montagem: Montagem livre		
Entrada B: PV array 1		
20 x Bisol d.o.o. BMO-300 Premium, Azimute: 37 °, Inclinação: 32 °, Tipo de montagem: Montagem livre		
	Entrada A:	Entrada B:
Número de strings:	3	1
Módulos fotovoltaicos por string:	19	20
Potência de pico (entrada):	17,10 kWp	6,00 kWp

Figura 72 Resultados do SunnyDesign

4.6.8 Simulação de Produção

Apesar da potência da instalação ser de 23,1kW este valor é considerado em condições perfeitas de uma temperatura de 25º, uma radiação incidente de 1000W/m², contudo estas não são as condições existentes durante todo o ano, assim é importante fazer uma simulação da produção de energia, verificando desta forma, se o resultado corresponde com os objetivos iniciais.

Com o recurso da ferramenta PVGIS [82] já referida em uma secção anterior é possível obter uma simulação bastante realística da produção de energia do sistema.

Na Tabela 23 é possível observar os resultados da produção previsível ao longo dos 12 meses do primeiro ano.

Tabela 23 Simulação de produção mensal e anual

Simulação de Produção do Sistema		
Sistema Fixo: inclinação=32°, orientação=37°		
Localização	41°10'45", 8°36'22"	
Potência	23,1 kW	
Mês	Média Diária (kWh)	Média Mensal (kWh)
Janeiro	50,50	1570
Fevereiro	71,30	2000
Março	89,40	2770
Abril	94,60	2840
Mai	106,00	3290
Junho	110,00	3310
Julho	114,00	3550
Agosto	110,00	3410
Setembro	98,90	2970
Outubro	76,20	2360
Novembro	56,50	1690
Dezembro	47,10	1460
Média mensal	85,5	2600
Total por ano		31200

No gráfico da Figura 73 é possível observar melhor, a variação de produção de energia ao longo dos diferentes meses do primeiro ano.

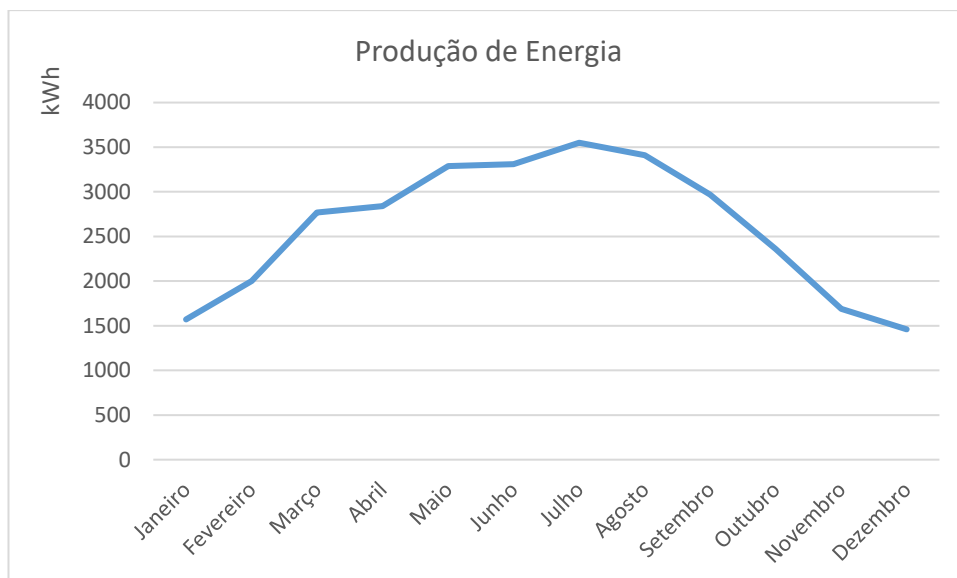


Figura 73 Curva da produção de energia

Como já esperado o valor de produção nos meses de verão é bastante superior aos meses de inverno.

4.7 Mapa de Quantidades e Orçamento

Nesta secção são quantificados e referenciados os materiais necessário e propostos para a implementação desta solução, são apresentados também os custos dos materiais, para que possa ser calculado o custo de investimento e o retorno do investimento. No entanto os valores apresentados são valores de referência, podendo assim ser renegociado para quantidades relevantes. O valor da mão-de-obra da instalação está a ser desprezado devido à falta de informação orçamental precisa.

Tabela 24 Mapa de quantidades, solução solar

Descrição	Marca	Referência / Modelo	Qnt.	Preço Unit. [85] [89]	Preço
Painel Solar	Bisol	BMO-300	77	189,00 €	14 553,00 €
Inversor	SMA	TRIPOWER 25000TL	1	2 774,00 €	2 774,00 €
Conector Fêmea	*	MC4 fêmea	77	1,50 €	115,50 €
Conector Macho	*	MC4 macho	77	1,50 €	115,50 €
Cabo Solar 6mm	*	*	2*109	1,00 €	218,00 €
Estrutura triangular	*	*	77	45,00 €	3 465,00 €
Quadro de Proteção trifásico	*	*	1	350,00 €	350,00 €
Cabo de energia 25mm	*	*	4*9	2,00 €	54,00 €
Total					21 645,00 €

4.8 Discussão dos Resultados

Com os resultados obtidos na simulação efetuada na secção 4.6.8 e o consumo de energia descrito na secção 4.3.1 é possível fazer uma relação do aproveitamento esperado. No gráfico da Figura 74 é possível observar essa comparação.

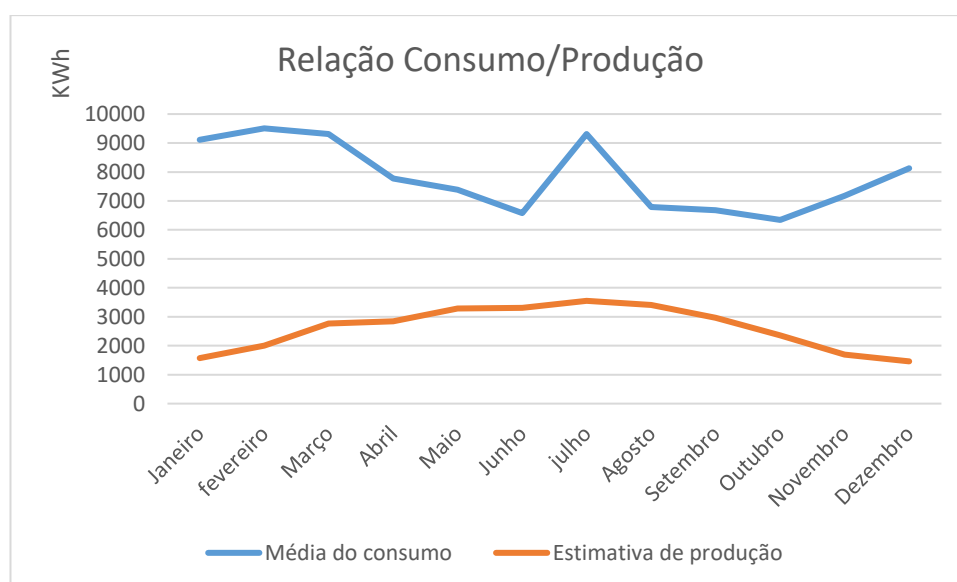


Figura 74 Relação Consumo/Produção

Tabela 25 Relação Consumo/Produção

	Média de consumo (kWh)	Estimativa de produção (kWh)
Janeiro	9115	1570
Fevereiro	9507	2000
Março	9311	2770
Abril	7778	2840
Maió	7389	3290
Junho	6581	3310
Julho	9308	3550
Agosto	6787	3410
Setembro	6676	2970
Outubro	6344	2360
Novembro	7177	1690
Dezembro	8129	1460
Total	94107	31220

Como visto anteriormente a estimativa de produção anual para este sistema fotovoltaico é de 31.220 kWh ao ano, o que representa cerca de 1/3 do consumo de energia do edifício ao longo do ano, mesmo considerando que a maior produção de energia seja no período de Verão, possivelmente durante alguns períodos do dia a energia produzida é suficiente para alimentar o edifício na totalidade.

Por forma a avaliar a viabilidade técnico-económica relativa à implementação do sistema fotovoltaico projetado é calculado o retorno de investimento ao longo de 25 anos com uma quebra de eficiência de 1% ao ano.

Foi atribuído o valor de referência de 0,16 €/kWh, sem levar em consideração a subida do preço de energia ao longo dos anos.

Tabela 26 Balanço do investimento

Ano	Produção (kWh)	Rendimento	Retorno
1	31220	4 995 €	-16 650 €
2	30908	4 945 €	-11 705 €
3	30599	4 896 €	-6 809 €
4	30293	4 847 €	-1 962 €
5	29990	4 798 €	2 836 €
6	29690	4 750 €	7 587 €
7	29393	4 703 €	12 290 €
8	29099	4 656 €	16 946 €
9	28808	4 609 €	21 555 €
10	28520	4 563 €	26 118 €
11	28235	4 518 €	30 636 €
12	27952	4 472 €	35 108 €
13	27673	4 428 €	39 536 €
14	27396	4 383 €	43 919 €
15	27122	4 340 €	48 259 €
16	26851	4 296 €	52 555 €
17	26583	4 253 €	56 808 €
18	26317	4 211 €	61 019 €
19	26054	4 169 €	65 187 €
20	25793	4 127 €	69 314 €
21	25535	4 086 €	73 400 €
22	25280	4 045 €	77 444 €
23	25027	4 004 €	81 449 €
24	24777	3 964 €	85 413 €
25	24529	3 925 €	89 338 €

Desta forma, em condições normais estima-se que o investimento seja amortizado em cinco anos e que ao fim dos 25 anos obtenha-se um lucro de 89.338 €.

4.9 Parque Solar de Carregamento Auto

Porque é necessário estar de olhos virados para o futuro, a adoção de automóveis elétricos tem tido um grande crescimento e considerando a perspetiva que um futuro próximo segue esse rumo. Considera-se interessante projetar um Parque Sombreado para carregamento de automóveis elétricos. O impacto ambiental deste é tão simples quanto ir para o trabalho todos os dias e já ter efeitos positivos no planeta. Visto que existem alunos e docentes que todos os dias vêm das suas localidades distantes. Torna-se interessante a existência de carregadores elétricos, sendo de maior importância

numa Instituição de Engenharia. Para esse efeito foi analisado o planeamento do parque solar.



Figura 75 Parque solar para carregadores EV [90]

Analisando o espaço do parque automóvel do edifício disponível, existe 2 parques de 16 automóveis cada um, que perfaz um total de 299m², neste espaço seria possível instalar 168 módulos, que resulta em uma potência excecional de 49,5kW, mesmo considerando estes a uma elevação quase nula, visto não ser possível elevar os mesmos a Sul, seria possível ter uma produção definida na Tabela 27.

Tabela 27 Simulação de produção do parque EV

Simulação de Produção do Sistema		
Sistema Fixo: inclinação=2°, orientação=37°		
Localização	41°10'45", 8°36'22"	
Potência	49,5 kW	
Mês	Média Diária (kWh)	Média Mensal (kWh)
Janeiro	69,6	2160
Fevereiro	110	3090
Março	162	5030
Abril	191	5730
Maio	230	7120
Junho	248	7430
Julho	252	7820
Agosto	227	7040
Setembro	182	5470
Outubro	125	3890
Novembro	80,4	2410
Dezembro	61,4	1900
Média anual	162	4920
Total por ano		59100

Contudo sem se ir muito mais longe, ao analisar o local e projetar a estrutura, verifica-se que o mesmo recebe uma elevada quantidade de sombreamento, derivado à altura da estrutura do edifício e das árvores que se encontram do outro lado do parque. Na Figura 76 é possível observar a simulação desse mesmo sombreamento que sobrepõem os módulos solares.



Figura 76 Configuração do Parque Solar

Ainda que a produção de energia seja suficiente para o carregamento dos automóveis, considera-se implausível, devido ao investimento necessário para o mesmo. Seria mais viável a implementação de um outro sistema solar sobre o edifício R ou as Oficinas do ISEP já que o espaço na parte superior dos edifícios é amplo e sem inconvenientes devido a sombras ou problemas de outra natureza.

Sendo possível assim a instalação de carregadores EV com uma organização semelhante ao da Figura 77.



Figura 77 Carregadores EV sem cobertura [91]

5 Conclusão

Esta dissertação teve como objetivo demonstrar a potencialidade de melhorar a eficiência energética de um edifício convencional, com recurso a medidas eficientes, e com grande impacto ambiental e económico.

Primeiramente foi estudado o estado da arte relativamente aos sistemas fotovoltaicos com o intuito da sua aplicação no edifício PDF, já que o mesmo tem uma boa exposição solar. Desta forma é possível reduzir o consumo de energias fósseis e diminuir a emissão de gases efeito estufa para a atmosfera, assim como o peso da fatura de energia elétrica.

Foi também muito importante efetuar um estudo da legislação aplicada às Auditorias Energéticas, com a finalidade de compreender as normas e condições a respeitar, na auditoria a realizar ao edifício PDF.

No caso de estudo foi efetuada uma auditoria energética ao edifício de modo a entender de que forma a energia é consumida e qual o fluxo de consumo. Neste estudo verificou-se que a Iluminação e a climatização têm o maior peso no consumo elétrico do edifício. Durante a auditoria foram encontradas algumas irregularidades, como por

exemplo a iluminação que se encontra mal dimensionada para as diferentes divisões, assim como a sua eficiência encontra-se ultrapassada.

Por esse motivo foi efetuado um estudo luminotécnico, para calcular a iluminação adequada para cada local. Com isto, foi efetuada uma proposta de substituição das iluminárias, por iluminárias de led e dimensionadas para cada local. Esta medida prevê a redução do consumo energético de iluminação na ordem dos 56%, com um investimento de 4.313,00€. O retorno pela redução do consumo de energia prevê-se que seja de 3.288,51€ ao ano, sendo assim possível amortizar o investimento em pouco mais de um ano.

O sistema de climatização verificou-se estar bem dimensionado e adequado às instalações, contudo o funcionamento não deve ser manual, mas sim automático, evitando o funcionamento excessivo, que causa um consumo de energia sem utilidade. Esta correção não precisa de nenhum investimento ou alterações físicas, apenas a correção da configuração do controlador.

De forma a melhorar o conforto do edifício e a sua eficiência, foi efetuado um projeto de automação para o edifício, para que a execução de várias tarefas seja executada de forma automática e independente da intervenção humana. Como o controlo da iluminação, climatização e iluminação natural (estores), de forma a economizar energia e simplificar tarefas. A adoção desta medida é dividida em dois orçamentos, um para o controlo da iluminação e climatização de 8.241,00€ com um retorno expectado em 3.523,00€ ao ano. O que permite assim ser amortizado em dois anos e meio. Já o investimento para os estores motorizados é de 24.870,00€ oferecendo apenas uma redução expectável de 10% do consumo de energia da iluminação e climatização. Por esse motivo tem um retorno inviável, contudo não deve ser desprezada a comodidade por ele oferecida.

Na análise ao projeto da cobertura do edifício PDF, verificou-se ser possível instalar um sistema fotovoltaico com uma potência total de 23,1kW. A produção prevista para o primeiro ano é de 31.200kWh. A implementação deste sistema é possível com o investimento de 21.645€ e o retorno expectável é de 5000€ por ano. Significa assim que a sua amortização seja um pouco mais de 4 anos. No balanço efetuado para os 25 anos de vida útil do sistema permite uma poupança de cerca 90.000€.

O sistema fotovoltaico pensado para o parque solar de carregamento automóvel verificou-se inexecutável, devido ao sombreado que se apresenta naquela área. A integração de carregadores para veículos elétricos no parque seria uma mais-valia, apresentando um enorme potencial a nível energético e ambiental, dando a possibilidade dos alunos e docentes recarregarem os seus veículos com a energia mesmo ali produzida. Pois o horário de produção dos painéis é ideal, com o horário, em que as viaturas se encontram estacionadas, tendo todo o sentido numa escola de Engenharia com olhos no futuro.

Foi assim possível observar que a aplicação destas medidas, permitem diminuir em muito o peso da fatura de energia, sendo que as propostas efetuadas, se adotadas em conjunto preveem a redução da fatura de energia na ordem dos 68%.

A elaboração deste documento permite também alertar para a necessidade da utilização de equipamentos energeticamente eficientes, assim como a possibilidade de aproveitamento dos recursos de energia solar existentes nas coberturas dos edifícios, que visam além da diminuição do consumo de energia também a melhoria do meio ambiente.

5.1 *Considerações Futuras*

Foram identificados alguns pontos de interesse que podem ser interessantes e atribuir algum valor:

- Instalação de equipamentos para a monitorização do consumo da energia, para permitir uma análise rigorosa dos consumos;
- Analisar a eventual solução para a iluminação artificial exterior e parques;
- Estudar propostas para promover este tipo de solução;
- Execução de um plano de manutenção preventiva para o edifício;
- Estudo do dimensionamento de uma solução AQS;
- Introdução de um plano de ecologia torneiras termostáticas.
- Pedido de propostas comerciais para a instalação do sistema;
- Poderá ser efetuado o cálculo das perdas de calor nas tubagens não isoladas de modo a ter uma estimativa das perdas de calor nas superfícies não isoladas;
- Deverá ser feita uma caracterização mais detalhada dos consumos de água e respetivos equipamentos;
- Estudo de melhoria da eficiência energética de um sistema de climatização (AVAC) ao nível da ventilação e distribuição de energia térmica.

5.2 *Considerações Finais*

Para finalizar a análise dos resultados nesta secção é apresentado uma breve reflexão ao trabalho efetuado considerando a perspetiva de aluno.

A realização deste trabalho permitiu uma aplicação importante de conceitos aprendidos durante o percurso académico, permitindo a exploração e obtenção de novos conhecimentos, na perspetiva de desenvolvimento de novos projetos.

Possibilitou também um contacto com o terreno, resultante da exploração e recolha de dados essenciais ao projeto, com a realização de estudos intermédios que permitiram um maior conhecimento da laboração de um edifício e o funcionamento e influência dos seus equipamentos.

O desenvolvimento de um projeto para um sistema fotovoltaico foi também muito interessante, que permitiu o contacto e exploração com situações reais e desafiadoras, apesar das dificuldades e adversidades encontradas, foram sempre ultrapassadas.

Referências

- [1] Instituto Nacional de Estatística, “Censos 2011,” 2011. [Online]. Available: http://www.portaldasfreguesias.com/portugal/vianadocastelo/vianadocastelo/santa_maria_maior/ckeditor/ckfinder/file/Censos2011_ResultadosProvisorios-1.pdf.
- [2] International Energy Agency, “ENERGY AND CO2 EMISSIONS,” 2016.
- [3] reve, “Energías renovables: Central de energía solar fotovoltaica en Puerto Rico de Gestamp,” [Online]. Available: <https://www.evwind.com/wp-content/uploads/2013/08/Templin-solar-power-pv.jpg>.
- [4] “Energia Solar,” Portal das Energias Renováveis, [Online]. Available: http://energiasrenovaveis.com/Area.asp?ID_area=8.
- [5] D. d. República, “Decreto-Lei n.º 363/2007,” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/sites/default/files/0797807984.pdf>.
- [6] C. –. A. C. d. I. Eléctricas, “Guia Prático de Instalações de Microprodução,” [Online]. Available: https://www.certiel.pt/c/document_library/get_file?uuid=c76836cb-7304-492f-b442-8f60b1ab750c&groupId=10100.
- [7] D. d. República, “Decreto-Lei n.º 153/2014,” [Online]. Available: <http://www.eurotermica.pt/solucoes/decreto-lei-153-2014.pdf>.
- [8] “Legislação Autoconsumo de Energias Renováveis,” Energias Renováveis, [Online]. Available: <http://www.xn--energiasrenovveis-jpb.com/microproducao/aprovado-o-decreto-lei-de-autoconsumo-de-energias-renovaveis/>.
- [9] P. Scheidt, “Guia de Microgeradores Fotovoltaicos,” [Online]. Available: <http://www.americadosol.org/guiaFV/>.
- [10] Krannich PV Experts, “Autoconsumo Fotovoltaico Conectado à Rede,” Krannich PV Experts, [Online]. Available: <http://pt.krannich-solar.com/pt/autoconsumo/autoconsumo-conectado-a-rede.html>.
- [11] “Fotovoltaica Isolada,” Kannich PV Experts, [Online]. Available: <http://pt.krannich-solar.com/pt/autoconsumo/fotovoltaica-isolada.html>.
- [12] D. Silva, “Autoconsumo: Um Elemento De Eficiência Energética,” 2015.

- [13] Solar Innova Renewable Energy, "Photovoltaic modules," Solar Innova Renewable Energy, [Online]. Available: <http://www.solarinnova.net/en/products/photovoltaic/modules/non-standard/polycrystalline/105w>.
- [14] "Tipos de células fotovoltaicas," Portal Energias Renováveis, [Online]. Available: <http://www.portal-energia.com/principais-tipos-de-celulas-fotovoltaicas-constituintes-de-paineis-solares/>.
- [15] M. A. Green, "Solar cell efficiency tables (version 49)," *Progress in Photovoltaics*, nº <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pip.2855/full>, 2016.
- [16] Hissuma, "Panel Solar Policristalino," 2017. [Online]. Available: <http://d26lpennugtm8s.cloudfront.net/stores/005/906/products/celda-solar-bc0cf5dbcec93093f3a90c120d450334-1024-1024.jpg>.
- [17] Alma Solar, "Alma Solar," 2017. [Online]. Available: <https://www.alma-solarshop.com/>.
- [18] Autodesk, "Autodesk Ecotect Analysis," [Online]. Available: <http://pdf.directindustry.com/pdf/autodesk/autodesk-ecotect-analysis/14521-91364.html>.
- [19] Tesla, "Solar Roof," [Online]. Available: <https://www.tesla.com/solarroof>.
- [20] C. Martins, "Eficiência Energética," *Knoow*, 2017.
- [21] Diário da República, "Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, 1.ª série — N.º 70 — 10 de abril de 2013," Portal Energias Renováveis, 2013. [Online]. Available: <https://poseur.portugal2020.pt/Content/docs/Poseur/PNAEE.pdf>.
- [22] I. T. S.A, "CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA," [Online]. Available: <http://www.irg.pt/wp-content/uploads/2017/01/certificacao-energetica.jpg>.
- [23] A. M. Rodrigues, "Iluminação natural de edifícios," [Online]. Available: <https://pt.slideshare.net/ratosdotecnico/iluminacao-27525173>.
- [24] Brilia, "Luz muda tudo," [Online]. Available: <http://www.brilia.com/brilia-power-led-ar111-refletora.html>.
- [25] Hayrton, "Iluminação para Ambientes de Trabalho," [Online]. Available: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2012/01/25/a-iluminacao-adequada-dos-ambientes-de-trabalho-aumenta-a-productividade-das-pessoas/>.
- [26] I. Standard, "ISO 8995," [Online]. Available: http://publikz.com/wp-content/uploads/2015/10/ISO_CIE_8995_1_2002_E__Character_PDF_document-1.pdf.

- [27] OSRAM, “Iluminação: Conceitos e Projetos,” [Online]. Available: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0274/ilumART.%20Manual%20Osram%20V2.pdf>.
- [28] J. M. F. Marques, “Manutenção de Sistemas AVAC,” 2005. [Online].
- [29] D. D. REPÚBLICA, “Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização,” 2006. [Online].
- [30] International Standard, “ISO 7730,” [Online]. Available: http://www.buildinggreen.net/assets/cms/File/ISO_7730-2005.PDF.
- [31] 9gag, “Class Fight,” [Online]. Available: <https://9gag.com/gag/2746175/class-fight>.
- [32] C. Scarduelli, “Temperatura no ambiente de trabalho,” *Redação/Revistacipa*, 4 2016.
- [33] International Standard, ISO 9241 (Ergonomics of human-system interaction).
- [34] Daikin, “Ar condicionado – as temperaturas mais confortáveis,” [Online]. Available: <http://www.fazfacil.com.br/manutencao/emperaturas-mais-confortaveis/>.
- [35] “Tabela de Renovações de Ar,” Mega Clima, [Online]. Available: <http://www.megaclima.pt/tabela-renovacao-ar.php>.
- [36] Teoría de Construcción, “Una trampa con eficiencia “A”,” [Online]. Available: <http://teoriadeconstruccion.net/blog/wp-content/uploads/2016/12/recuperador-de-calor-entalpico-teoria-de-construccion.jpg>.
- [37] Daikin, “Temperature curve,” [Online]. Available: http://www.daikin.com/products/ac/common/images/tooltip_technologies.png.
- [38] L. Oliveira, “Porto Design Factory ~ Instituto Politécnico do Porto,” *Scoop*.
- [39] Sylvania, “T8 PREMIUM EXTRA TRI-PHOSPHOR,” [Online]. Available: http://www.sla.net.au/SLAstores/PRODUCTS/Categories/273/ATTRFILE_SupportDocument/t8triphosphorpremium.pdf.
- [40] OSRAM, “DULUX L 18 W/840 2G11,” [Online]. Available: https://www.osram.com/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1027846&mpid=ZMP_58937&vid=PP_EUROPE_Europe_eCat&lid=EN.

- [41] ledauditorio. [Online]. Available: http://www.osram.pt/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1045812&vid=PP_EUROPE_PT_eCat&lid=PT.
- [42] OSRAM, “DSST GL 17 W/825 E27,” [Online]. Available: https://www.osram.com/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1027808&mpid=ZMP_1048928&vid=PP_EUROPE_Europe_eCat&lid=EN.
- [43] OSRAM, “NAV-T 150 W E40,” [Online]. Available: http://www.osram.pt/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1028109&mpid=ZMP_58275&vid=PP_EUROPE_PT_eCat&lid=PT.
- [44] E. norm, “Light and lighting – Lighting of workplaces,” [Online]. Available: <http://www.cibse.org/getmedia/3b3cba92-f3cc-4477-bc63-8c02fc31472c/EN12464-2011.pdf.aspx>.
- [45] Dial, “Lighting design software DIALux,” [Online]. Available: <https://www.dial.de/en/dialux/>.
- [46] OSRAM, “SubstiTUBE Advanced,” [Online]. Available: http://www.osram.pt/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1028687&vid=PP_EUROPE_PT_eCat&lid=PT.
- [47] OSRAM, “PARATHOM CLASSIC A 75 ADV 10 W/840 E27 FR,” [Online]. Available: http://www.osram.pt/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1054913&mpid=ZMP_1061991&vid=PP_EUROPE_PT_eCat&lid=PT.
- [48] OSRAM, “FL 20 mini LED ROT 3000 K 5770 lm,” [Online]. Available: http://www.osram.pt/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_2051907&mpid=ZMP_1608705&vid=PP_EUROPE_PT_eCat&lid=PT.
- [49] OSRAM, Tabela Geral de Preços 2016/2017, 2017.
- [50] Lutron, “Energy Savings,” [Online]. Available: <http://www.lutron.com/en-US/Residential-Commercial-Solutions/Pages/Commercial-Solutions/CommercialEnergySavings.aspx>.
- [51] OSRAM, “Luz no Espaço,” [Online]. Available: <http://www.voltimum.pt/artigos/artigos-tecnicos/iluminacao-no-retalho-que-luz-em-que-espaco>.
- [52] Lutron, “Lutron Energi TriPak,” [Online]. Available: <http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/3672110.pdf>.
- [53] Daikin, “VRV system,” [Online]. Available: <http://www.mhiae.com/images/default-source/default-album/vrf.jpg?sfvrsn=2>.

- [54] Daikin, "Sistema VRV IV," [Online]. Available: http://www.daikin.pt/docs/4PPT370475-1_2014_02-tcm478-338716.pdf.
- [55] Daikin, "Wall mounted unit FXAQ-P," [Online]. Available: http://www.daikintech.co.uk/Data/VRV-Indoor/FXAQ/2013/FXAQ-PV1/FXAQ-PV1_Leaflet.pdf.
- [56] Daikin, "Operation Manual Remote Controller," [Online]. Available: http://www.daikin.co.uk/binaries/OM%20-%20BRC1D52%20-%204PWEN23717-1_tcm511-242361.pdf.
- [57] Haice, "Catalogo 2011," 2011. [Online]. Available: http://www.arsado.pt/admin/modulo_pages/ficheiros_paginas/20131029100116-1catalogo_haice_2013.pdf.
- [58] "Recuperador de Calor Entálpico," [Online]. Available: <http://www.climasado.pt/upload/recuperador%20de%20calor%20-%20HRV%2003.jpg>.
- [59] Daikin, "Heat Reclaim Ventilation," [Online]. Available: http://www.daikintech.co.uk/Data/HRV/VAM/2016/VAM-FCVE/VAM-FCVE_Leaflet.pdf.
- [60] Troia, "Caixas de ventilação CUBUS," [Online]. Available: <http://www.allclima.pt/wp-content/uploads/2016/06/ventiladores-extr.-insufl.-CUBUS.pdf>.
- [61] Daikin, "Air Conditioners," [Online]. Available: <http://www.daikinindia.com/sites/default/files/CAse%20studies/PA-All%20products.pdf>.
- [62] M. O. Filipe Dolgoff, "Eficiência Energética em Edifícios," [Online]. Available: [http://www02.abb.com/global/brabb/brabb155.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/2c06a7d880a9684a83257ebb005f0c64/\\$FILE/APW+-Efici%C3%Aancia+Energ%C3%A9tica+e+Automa%C3%A7%C3%A3o+Predial.pdf](http://www02.abb.com/global/brabb/brabb155.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/2c06a7d880a9684a83257ebb005f0c64/$FILE/APW+-Efici%C3%Aancia+Energ%C3%A9tica+e+Automa%C3%A7%C3%A3o+Predial.pdf).
- [63] owen-automacao, [Online]. Available: <http://www.owen-automacao.com.br/wp-content/uploads/2012/12/Cortina.png>.
- [64] Cool Automation, "Daikin VRV CoolMaster 1000D," [Online]. Available: <https://coolautomation.com/products/coolmaster-1000d-daikin-vrv/>.
- [65] Lutron, "Lutron roller blinds," [Online]. Available: <http://www.lutron.com/europe/products/Pages/shadingsystems/sivoiaqs/win-dowtreatments/rollershades/installationoptions.aspx>.

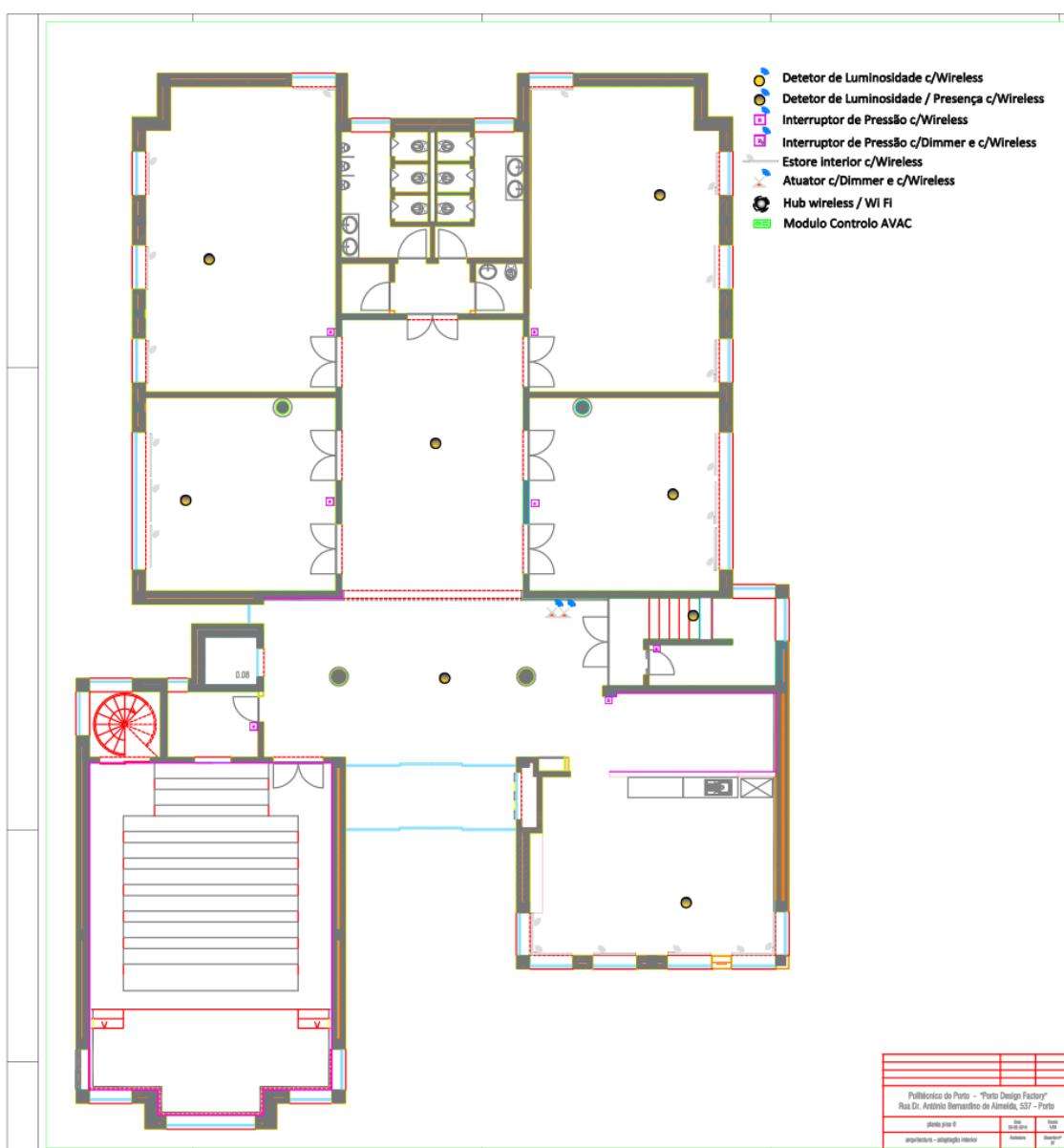
- [66] Lutron, "Total Light Management," [Online]. Available: http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/3671737b_tlm_sp.pdf.
- [67] Lutron, "Energy Savings Claims," [Online]. Available: http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/Lutron_Energy_Savings_Claims.pdf.
- [68] Lutron, "Light Controls," [Online]. Available: <http://www.lutron.com/en-US/Pages/default.aspx>.
- [69] Lutron, "Optimizing Battery Life in Lutron Shades," [Online]. Available: http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/048561_Optimizing-Battery-Life.pdf.
- [70] Lutron, "Communication RF," [Online]. Available: <http://www.lutron.com/en-US/Products/PublishingImages/WholeBuildingSystems/Vive/Overview/System.jpg>.
- [71] Lutron, "Vive System Programming User Guide," [Online]. Available: http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/041571_Web.pdf.
- [72] Lutron, "Diva Dimmer e Switch," [Online]. Available: <http://www.lutron.com/en-US/Products/Pages/StandAloneControls/Dimmers-Switches/DivaDimmerSwitch/Overview.aspx>.
- [73] Lutron, "Vive Wireless Sensor," [Online]. Available: <http://www.lutron.com/en-US/Products/Pages/WholeBuildingSystems/Vive/InstallAndSetup.aspx>.
- [74] Lutron, "HVAC Controller," [Online]. Available: <http://www.lutron.com/en-US/Products/Pages/Components/HVACController/Overview.aspx>.
- [75] Lutron, "Serena Remote Controlled Shades," [Online]. Available: <http://www.lutron.com/en-US/Products/Pages/ShadingSystems/SerenaShades/Overview.aspx>.
- [76] Lutron, "Vive Commercial Light Control," [Online]. Available: http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/367-2597_Vive_Design_Guide.pdf.
- [77] Lutron, "Light Control Strategies," [Online]. Available: <http://www.lutron.com/en-US/Residential-Commercial-Solutions/Documents/SolApp/Government/Energy%20Codes%20and%20Standards.pdf>.
- [78] Lutron, "Maximize Energy Savings Sources," [Online]. Available: http://www.lutron.com/en-US/Residential-Commercial-Solutions/Documents/SolApp/Government/Maximize_EnergySavings_Sources.pdf.

- [79] Lutron, "GRAFIK Eye QS," [Online]. Available: http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/GRAFIK_Eye_QS_Brochure_367-1603.pdf.
- [80] Lutron, "EcoSystem Design and Application Guide," [Online]. Available: http://www.lutron.com/technicaldocumentlibrary/EcoSystem_Design_Guide.pdf.
- [81] "Tools for consumers and designers of solar," Sun Earth Tools, [Online]. Available: <http://www.sunearthtools.com/>.
- [82] "Photovoltaic Geographical Information System," Institute for Energy and Transport, [Online]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>.
- [83] "Sombreamento de fileiras," [Online]. Available: <https://www.folsomlabs.com/modeling/modeling/rowtorowshade.jpg>.
- [84] Alternative Energy, "Bypass Diode Protection," [Online]. Available: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html>.
- [85] Europe Solar, "Europe Solar Store," [Online]. Available: <http://www.europe-solarstore.com>.
- [86] Bisol, "Premium BMO 300," [Online]. Available: http://www.bisol.com/images/Datasheets/EN/BISOL%20Product%20Specification%20BMO_EN.pdf.
- [87] SMA, "TRIPOWER 20000TL," [Online]. Available: <http://www.koraxsolar.com/letoltes/inverterek/adatlapok/SMA%20Tripower%2020000-25000TL.pdf>.
- [88] SMA SOLAR TECHNOLOGY AG, "SunnyDesign," [Online]. Available: <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/Home>.
- [89] Solar Impact, "soluções em energia," [Online]. Available: <http://www.solarimpact.pt/>.
- [90] e. i. motion, "energy in motion," 2016. [Online]. Available: <https://i2.wp.com/www.zeev.pt/wp-content/uploads/sombreador-automovel.jpg?fit=800%2C500>.
- [91] Clean Fuel Connection, "ChargePoint Charging Stations," [Online]. Available: <http://www.cleanfuelconnection.com/ev-chargers/images/ev-chargers.jpg>.
- [92] D. D. REPÚBLICA, "Decreto-Lei n.o 79/2006," [Online].
- [93] L. C. Courrol, Óptica geométrica.

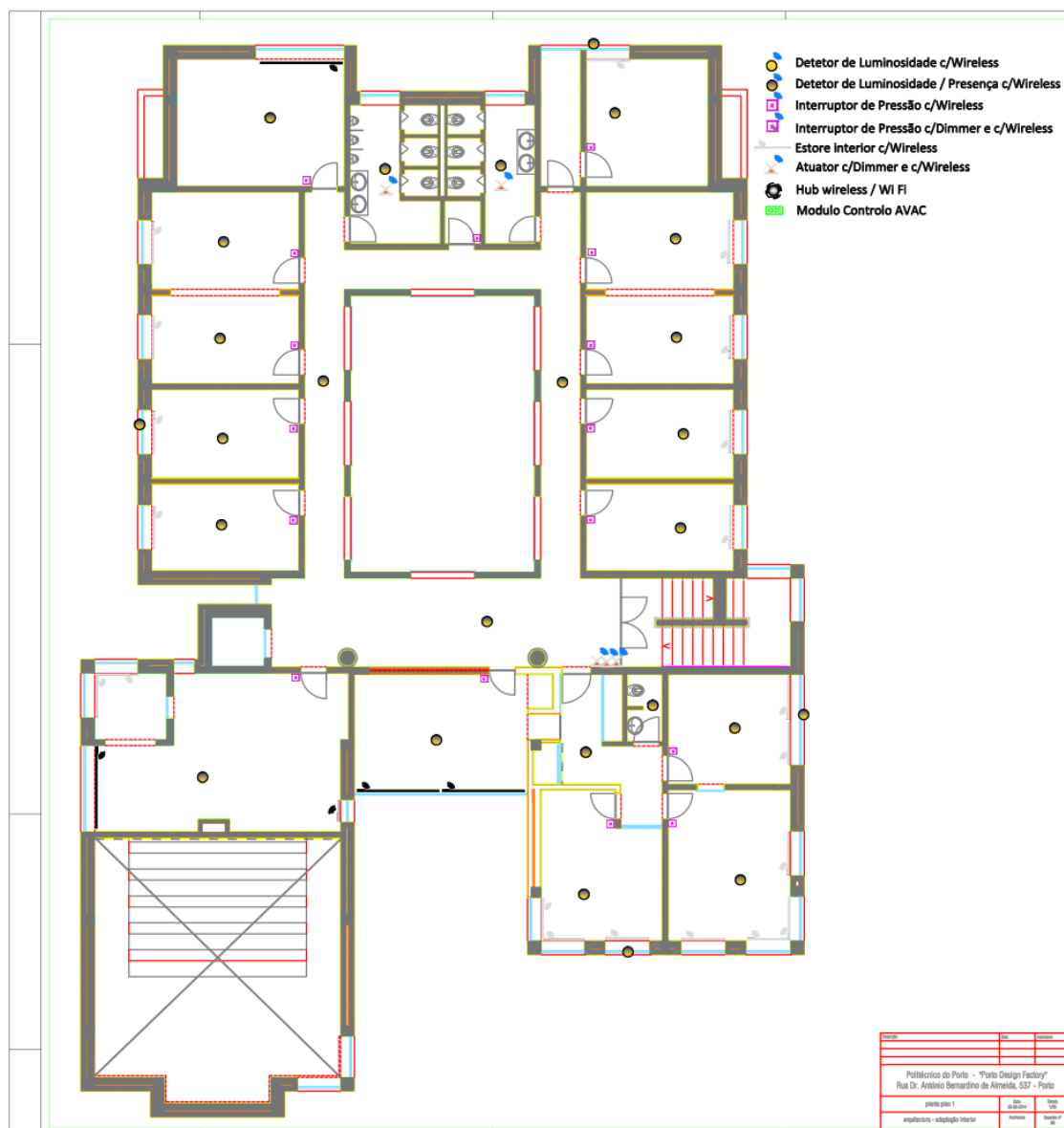
- [94] A. J. CAIRES, “LED, câmera, ação: como a iluminação pública interfere no cinema mundial,” 2015. [Online]. Available: <https://www.hometeka.com.br/f5/led-camera-acao-como-a-iluminacao-publica-interfere-no-cinema-mundial/>.
- [95] LEED, “Certification and Green Building Technologies,” [Online]. Available: <http://www.leed.net/>.
- [96] Kweight Technology, “Deep cycle battery,” Kweight Technology, [Online]. Available: <http://www.kweightbattery.com/category/12v-batteries>.
- [97] ADENE, “Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética,” *Agência para a Energia*.
- [98] solar-energia, “Célula fotovoltaica,” [Online]. Available: <https://pt.solar-energia.net/uploads/definicao/7/1/celula-fotovoltaica.jpg>.
- [99] Alma-Solar, “Solar panel BISOL BMO-300,” [Online]. Available: <https://www.alma-solarshop.com/bisol-solar-panels/866-solar-panel-bisol-bmo-300-peakperformance.html>.

Anexos

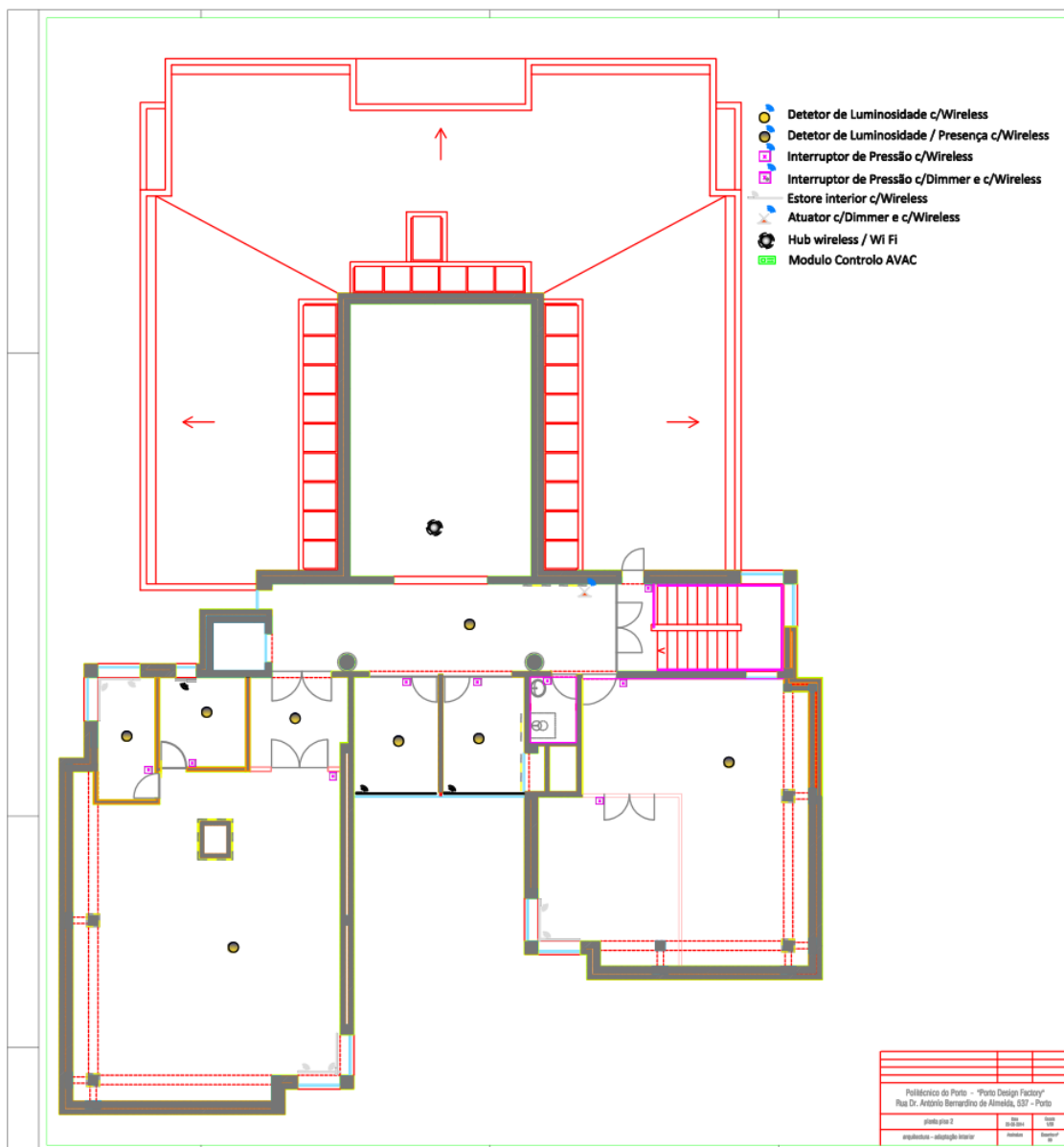
Anexo I-A Planta do projeto de automação do piso 0



Anexo II-B Planta do projeto de automação do piso 1



Anexo III-C Planta do projeto de automação do piso 2



Anexo IV Produção de energia



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 41°10'45" North, 8°36'23" West, Elevation: 109 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 21.3 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 15.8% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.8%

Other losses (cables, inverter etc.): 3.0%

Combined PV system losses: 20.6%

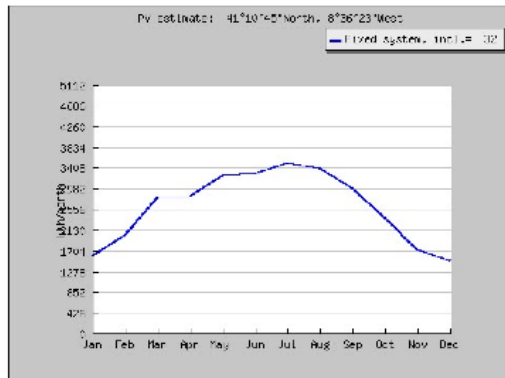
Fixed system: inclination=32 deg., orientation=32 deg. (Optimum at given orientation)				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	51.50	1600	2.88	89.3
Feb	72.60	2030	4.10	115
Mar	90.10	2790	5.27	163
Apr	94.10	2820	5.64	169
May	105.00	3250	6.32	196
Jun	110.00	3290	6.67	200
Jul	113.00	3490	6.89	214
Aug	109.00	3390	6.74	209
Sep	99.40	2980	6.03	181
Oct	76.60	2370	4.52	140
Nov	57.40	1720	3.25	97.6
Dec	48.00	1490	2.68	83.0
Year	85.60	2600	5.09	155
Total for year		31200		1860

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

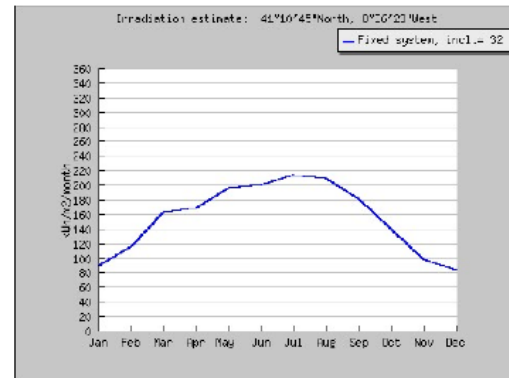
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Anexo V Radiação ao longo do ano

Incident global irradiation for the chosen location

Location: 41°10'45" North, 8°36'23" West, Elevation: 109 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 36 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	DNI	lopt	TL	D/G	TD	T24h	NDD
Jan	1860	3200	3240	2880	64	2.1	0.47	10.6	8.7	233
Feb	2920	4480	4070	4120	57	2.5	0.39	10.6	8.6	197
Mar	4370	5520	4120	4720	44	2.6	0.43	13.7	11.5	116
Apr	5250	5680	3270	5340	27	2.5	0.39	16.0	14.0	118
May	6410	6190	2780	6400	16	3.0	0.34	18.1	16.2	36
Jun	7060	6430	2470	7290	7	3.0	0.30	20.5	18.8	3
Jul	7150	6700	2660	7820	11	3.3	0.27	22.8	20.7	1
Aug	6450	6730	3380	7560	23	2.9	0.26	23.1	20.9	2
Sep	5100	6280	4260	6480	39	3.1	0.28	22.3	19.8	23
Oct	3410	4860	4120	4360	52	2.8	0.40	18.9	16.6	80
Nov	2160	3600	3540	3270	62	2.3	0.44	13.9	11.8	207
Dec	1660	3010	3160	2760	66	2.1	0.47	11.8	9.6	232
Year	4490	5230	3420	5260	36	2.7	0.34	16.9	14.8	1248

Hh: Irradiation on horizontal plane (Wh/m2/day)

Hopt: Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m2/day)

H(90): Irradiation on plane at angle: 90deg. (Wh/m2/day)

DNI: Direct normal irradiation (Wh/m2/day)

lopt: Optimal inclination (deg.)

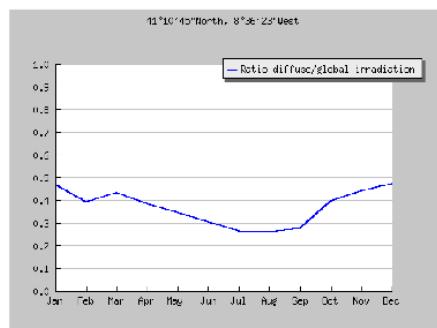
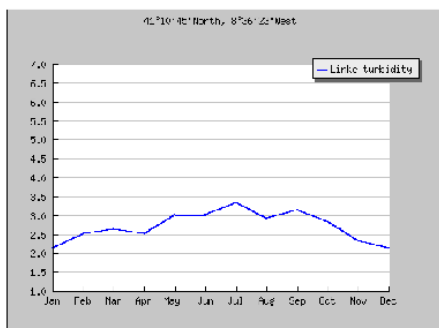
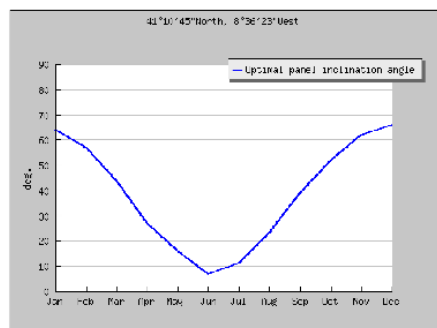
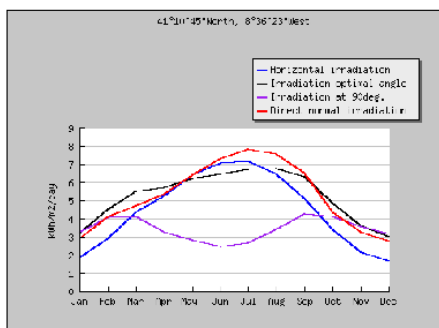
TL: Linke turbidity (-)

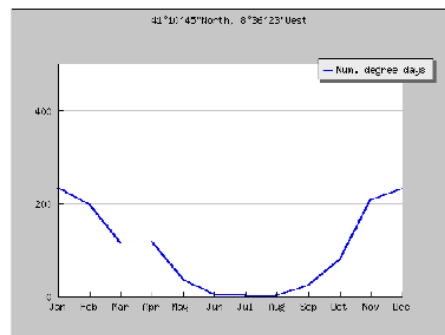
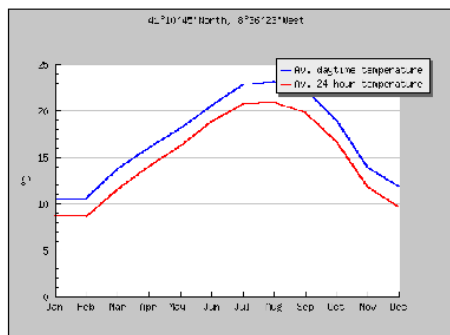
D/G: Ratio of diffuse to global irradiation (-)

TD: Average daytime temperature (°C)

T24h: 24 hour average of temperature (°C)

NDD: Number of heating degree-days (-)





PVGIS (c) European Communities, 2001-2012
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

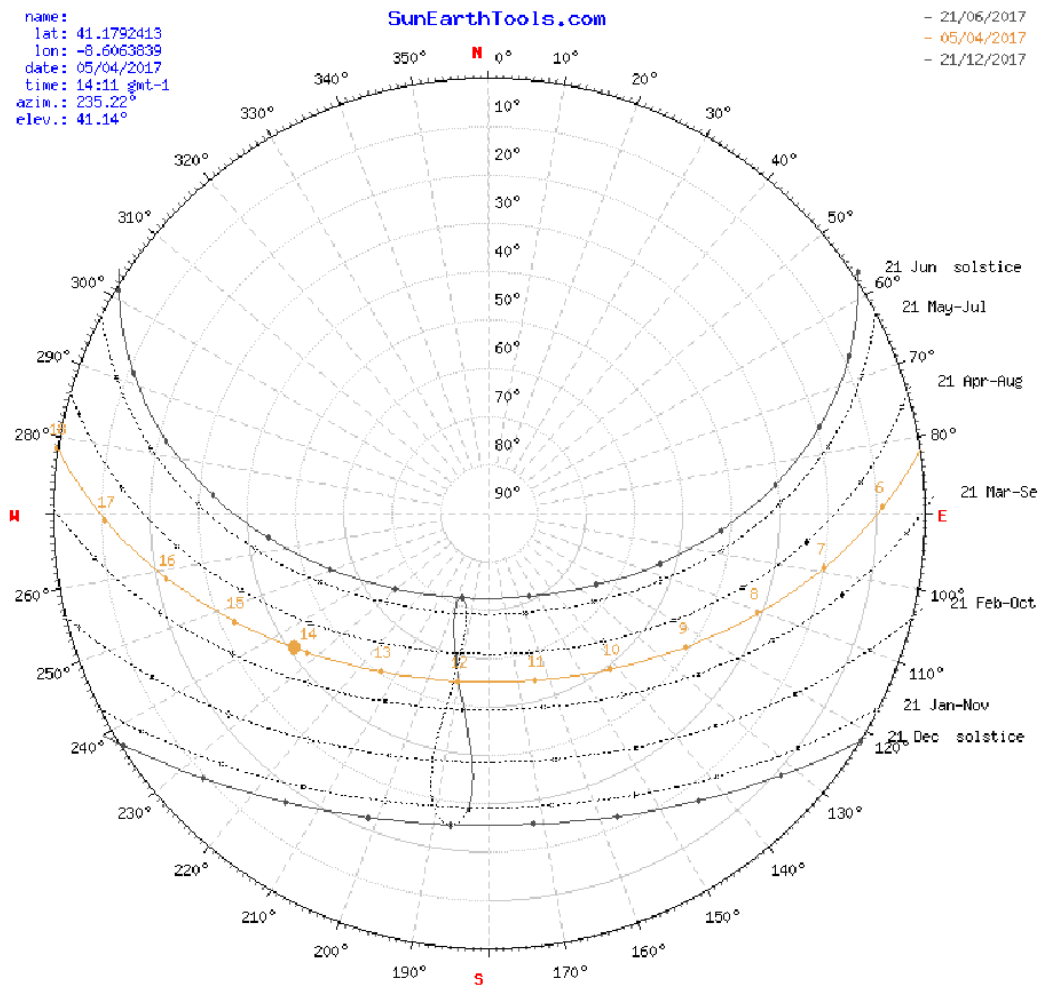
The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

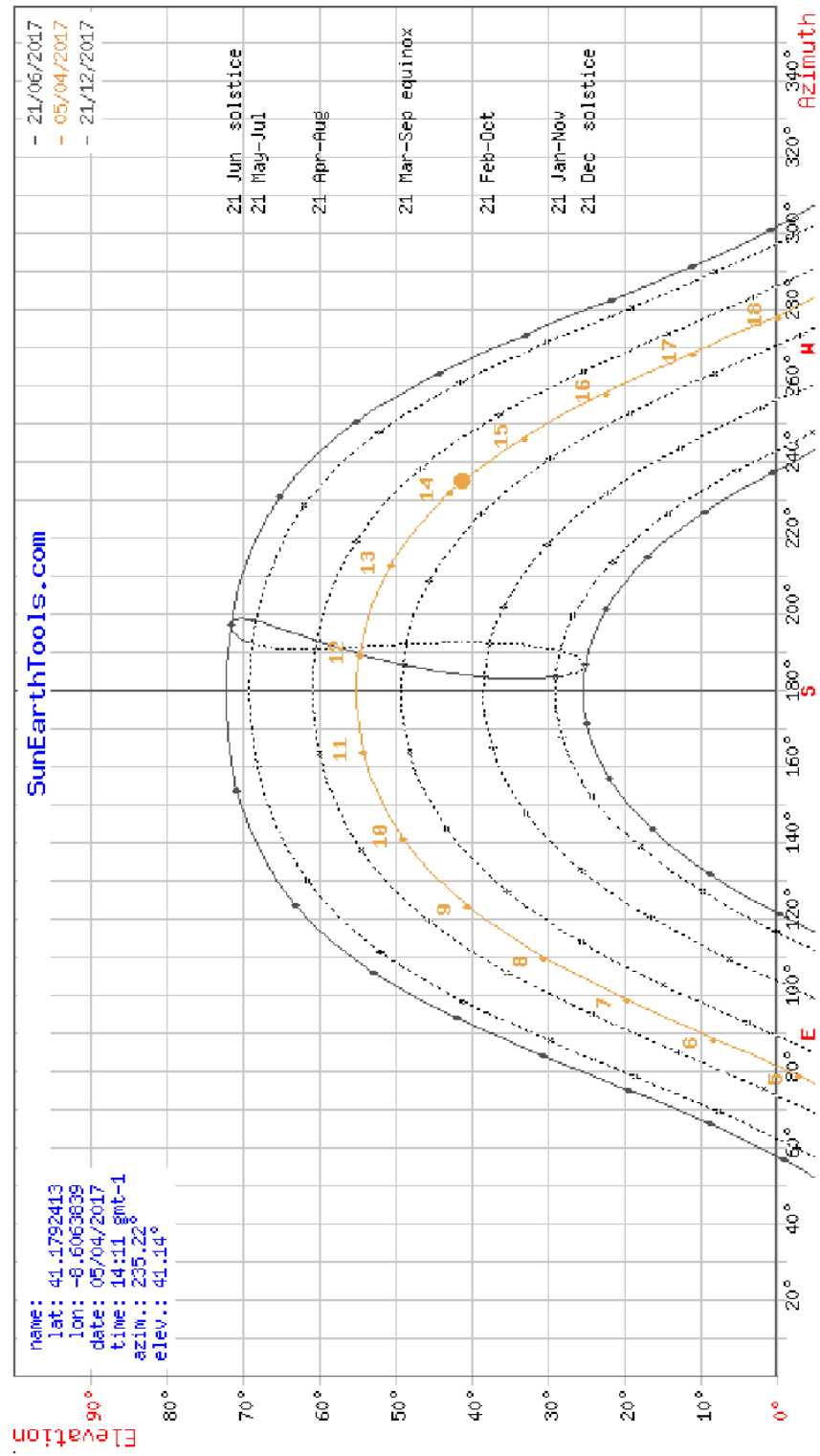
This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Anexo VI Ângulo Solar





sun position ⓘ	Elevation	Azimuth	latitude	longitude
05/04/2017 14:11 GMT-1	41.14°	235.22°	41.1792413° N	8.6063839° W
twilight ⓘ	Sunrise	Sunset	Azimuth Sunrise	Azimuth Sunset
twilight -0.833°	05:10:59	18:03:54	81.06°	279.21°
Civil twilight -6°	04:42:59	18:31:55	76.39°	283.9°
Nautical twilight -12°	04:09:46	19:05:15	70.64°	289.68°
Astronomical twilight -18°	03:35:16	19:39:54	64.29°	296.08°
daylight ⓘ	h:m:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	Noon
05/04/2017	12:52:55	00:02:43	-00:02:42	11:37:26

Date:	05/04/2017 GMT-1		
coordinates:	41.1792413, -8.6063839		
location:	R. Dr. António Bernardino de Almeida 341, 4200-072 Porto, Portugal		
hour	Elevation	Azimuth	
05:10:59	-0.833°	81.06°	
6:00:00	8.36°	89.08°	
7:00:00	19.62°	99.18°	
8:00:00	30.53°	110.44°	
9:00:00	40.58°	124.04°	
10:00:00	48.9°	141.56°	
11:00:00	54.11°	164.15°	
12:00:00	54.72°	189.9°	
13:00:00	50.51°	213.6°	
14:00:00	42.81°	232.31°	
15:00:00	33.09°	246.71°	
16:00:00	22.33°	258.41°	
17:00:00	11.13°	268.72°	
18:00:00	-0.11°	278.57°	
18:03:54	-0.833°	279.21°	

Anexo VII Simulação do Sistema Fotovoltaico

Nome do projecto: Porto Factory (ISEP)

Local de instalação: Portugal / Porto

Número do projecto: ---

Tensão de rede: 230V (230V / 400V)

Vista geral do sistema

77 x Bisol d.o.o. BMO-300 Premium (PV array 1)

Azimute: 37 °, Inclinação: 32 °, Tipo de montagem: Montagem livre, Potência de pico: 23,10 kWp



1 x STP 25000TL-30

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Quantidade total de módulos FV:	77	Rácio de desempenho*:	89,8 %
Potência de pico:	23,10 kWp	Rendimento energético espec.*:	1559 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	25,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência activa CA:	25,00 kW	Consumo anual de energia:	94.107 kWh
Relação de potência activa:	108,2 %	Autoconsumo:	26.102,11 kWh
Rendimento energético anual*:	36.020,20 kWh	Quota de autoconsumo:	72,5 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Taxa de autonomia (em % do consumo de energia):	27,7 %

Assinatura

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

Avaliação do dimensionamento

Nome do projecto: Porto Factory (ISEP)

Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Porto

Temperatura ambiente:


Temperatura mínima: -1 °C

Temperatura de dimensionamento: 20 °C

Temperatura máxima: 34 °C

Subproject 1

1 x STP 25000TL-30 (PV system section 1)

Potência de pico:	23,10 kWp
Quantidade total de módulos FV:	77
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	25,55 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	25,00 kW
Tensão de rede:	230V (230V / 400V)
Razão de potência nominal:	111 % 
Factor de dimensionamento:	92,4 %
Factor de desfaseamento cos φ :	1



STP 25000TL-30

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: PV array 1

57 x Bisol d.o.o. BMO-300 Premium, Azimute: 37 °, Inclinação: 32 °, Tipo de montagem: Montagem livre

Entrada B: PV array 1

20 x Bisol d.o.o. BMO-300 Premium, Azimute: 37 °, Inclinação: 32 °, Tipo de montagem: Montagem livre

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	3	1	
Módulos fotovoltaicos por string:	19	20	
Potência de pico (entrada):	17,10 kWp	6,00 kWp	
Tensão FV típica:	 575 V	 605 V	
Tensão FV mín.:	534 V	562 V	
Potência CC mín. (tensão de rede 230 V):	150 V	150 V	
Tensão FV máx.:	 828 V	 872 V	
Tensão CC máx.:	1000 V	1000 V	
Corrente máx. do gerador FV:	 28,5 A	 9,5 A	
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	33 A	33 A	

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Dimensionamento dos cabos

Nome do projecto: Porto Factory (ISEP)

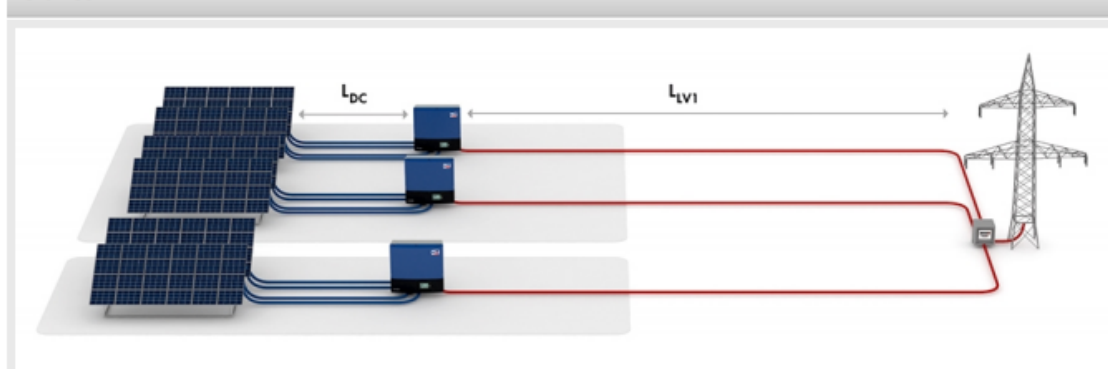
Local de instalação: Portugal / Porto

Número do projecto:

Vista geral

	✓ CC	✓ LV	✓ Total
Potência dissipada no modo nominal	111,18 W	151,77 W	262,95 W
Potência dissipada rel. no modo nominal	0,44 %	0,61 %	1,05 %
Comprimento total do cabo	218,00 m	9,00 m	227,00 m
Secções dos cabos	6 mm ²	4 mm ²	6 mm ² 4 mm ²

Gráfico



Cabos de CC

		Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Queda de tensão	Potência dissipada rel.
Subproject 1						
 1 x STP 25000TL-30 Sistema parcial 1	A	Alumínio	27,25 m	6 mm²	2,6 V	0,44 %
	B	Alumínio	27,25 m	6 mm²	2,6 V	0,42 %

Cabos LV1

	Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Resistência de linha	Potência dissipada rel.
Subproject 1					
 1 x STP 25000TL-30 Sistema parcial 1	Cobre	9,00 m	4 mm ²	R: 12,900 mΩ XL: 0,675 mΩ	0,61 %

Autoconsumo

Nome do projecto: Porto Factory (ISEP)

Local de instalação: Portugal / Porto

Número do projecto:

Dados sobre o autoconsumo

Perfil de carga:

Empresa (dias úteis, das 8 às 18 horas)

Empresas com elevado consumo energético durante os dias úteis, das 8 às 18 horas. Exemplos: escritórios, cantinas, bancos, prestadores de serviços, oficinas, construção civil.

Consumo anual de energia:

94107 kWh

Optimização do autoconsumo

Resultado

Sem optimização do autoconsumo

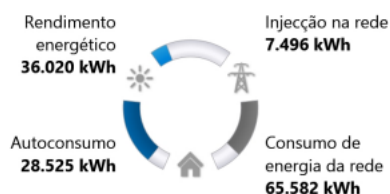
Taxa de autonomia

30,3 %

Quota de autoconsumo

79,2 %

Distribuição da energia fotovoltaica



Detalhes

Consumo anual de energia	94.107 kWh
Rendimento energético anual	36.020 kWh
Injeção na rede	7.496 kWh
Consumo de energia da rede	65.582 kWh
Autoconsumo	28.525 kWh
Quota de autoconsumo (em % de energia fotovoltaica)	79,2 %
Taxa de autonomia (em % do consumo de energia)	30,3 %

Os resultados indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo autoconsumo real, que pode divergir dos valores aqui indicados. O autoconsumo possível é determinado essencialmente pelo comportamento de consumo individual, que pode divergir do perfil de carga utilizado para o cálculo.

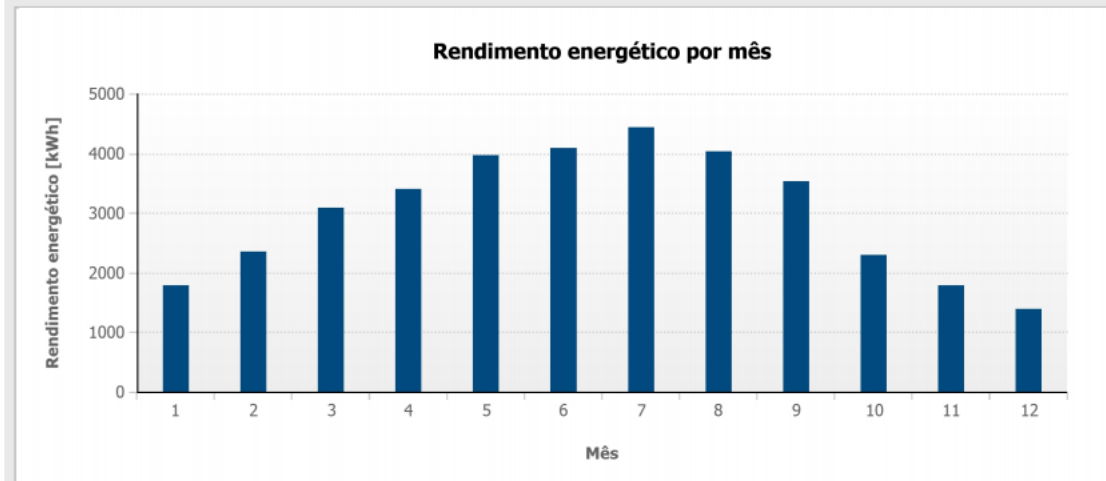
Valores mensais

Nome do projecto: Porto Factory (ISEP)

Local de instalação: Portugal / Porto

Número do projecto:

Diagrama



Tabela

Mês	Rendimento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injecção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede [kWh]
1	1781 (4,9 %)	1523	258	8055
2	2344 (6,5 %)	1968	375	6432
3	3076 (8,5 %)	2456	619	6249
4	3385 (9,4 %)	2649	736	4714
5	3955 (11,0 %)	3044	910	4324
6	4076 (11,3 %)	3162	915	3235
7	4423 (12,3 %)	3254	1169	3413
8	4017 (11,2 %)	3228	790	3673
9	3521 (9,8 %)	2624	897	4013
10	2285 (6,3 %)	1865	420	6108
11	1778 (4,9 %)	1484	294	7702
12	1379 (3,8 %)	1268	111	7663

Análise da rentabilidade

Nome do projecto: Porto Factory (ISEP)

Local de instalação: Portugal / Porto

Número do projecto:

Detalhes	
Custos de compra de electricidade evitados no primeiro ano (aprox.)	4.564 EUR
Poupança total após 25 ano(s) (aprox.)	145.100 EUR
Custos de compra de electricidade evitados após 25 ano(s) (aprox.)	161.941 EUR
Lucro total resultante da injeção na rede após 25 ano(s) (aprox.)	16.641 EUR
Período de amortização previsto em anos (aprox.)	5
Custos de produção de electricidade ao longo de 25 ano(s) (aprox.)	0,040 EUR/kWh
Rendimento anual (aprox.)	17,33 %
O investimento total é de	21.645,00 EUR
Os custos específicos de investimento do sistema fotovoltaico chave-na-mão (CapEx / kWp) são	937,01 EUR/kWp

Comparação custos anuais electricid.

Hoje sem sistema fotovoltaico

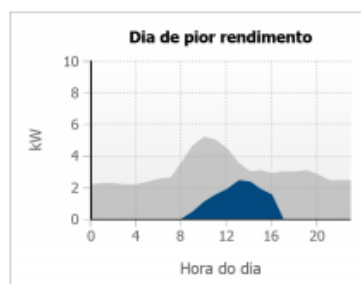
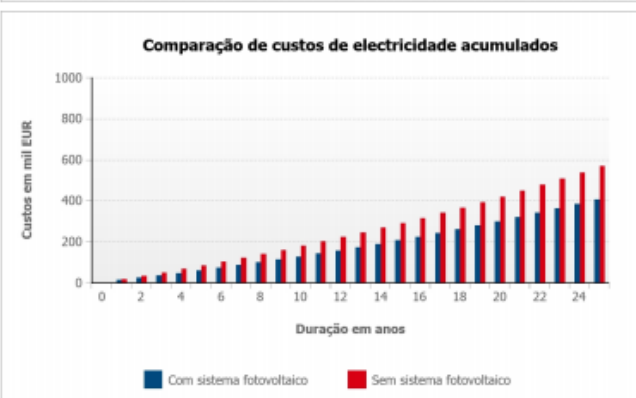
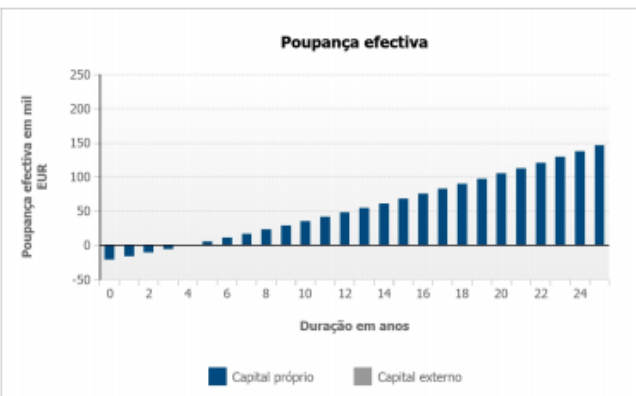
15.057 EUR

Em 25 ano(s) sem sistema fotovoltaico

31.526 EUR

Hoje com sistema fotovoltaico

10.084 EUR



Consumo de energia
Energia fotovoltaica disponível máxima
Energia fotovoltaica utilizada

Análise da rentabilidade

Nome do projecto: Porto Factory (ISEP)

Local de instalação: Portugal / Porto

Número do projecto:

Estrutura de custos

Custos do sistema fotovoltaico

Os custos totais para os módulos fotovoltaicos são de **14.553,00 EUR**

A degradação média da potência dos módulos fotovoltaicos é de **0,50 %**

Os custos totais para os inversores e a monitorização do sistema são de **2.774,00 EUR**

Os custos para planeamento e instalação são de **4.318,00 EUR**

Os custos anuais fixos são de **324,68 EUR**

O investimento total é de **21.645,00 EUR**

Os custos específicos de investimento do sistema fotovoltaico chave-na-mão (CapEx / kWp) são **937,01 EUR/kWp**

Financiamento

A moeda é **EUR**

A quota-parte de capital próprio é de **100 %**

A quota-parte de capital externo é de **0 %**

O financiamento total é de **0,00 EUR**

A taxa de inflação é de **3,00 %**

O período de análise da rentabilidade é de **25 anos**

Custos de compra de electricidade e compensação por injeção na rede

O preço de compra da electricidade é de **0,16000 EUR/kWh**

AS tarifas especiais não são consideradas

A taxa anual de encarecimento da electricidade é de **3,0 %**

A compensação por injeção na rede é de **0,10000 EUR/kWh**

A duração da compensação por injeção na rede é de **25 anos**

A dedução ou compensação com autoconsumo é de **0,00000 EUR/kWh**

O lucro proveniente da electricidade injectada após terminar o período de compensação é de **0,05000 EUR/kWh**